

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní

Katedra energetiky

Návrh úprav kroužkového mlýna MKM – 33
v Elektrárně Dětmarovice

Adjustment Design of ring Mill MKM - 33 in
Power Plant Dětmarovice

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Roman LODER
Dr. Ing. Bohumír Čech

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Roman Loder

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

2302T006 Energetické stroje a zařízení

Téma:

Návrh úprav kroužkového mlýna MKM 33 v Elektrárně Dětmárovice
Adjustment Design of Ring Mill MKM 33 in Power Plant Dětmárovice

Zásady pro vypracování:

Vypracujte návrh úprav kroužkového mlýna MKM 33 v Elektrárně Dětmárovice pro zlepšení jemnosti mletí.

Diplomová práce bude obsahovat:

1. Popis stávajícího zařízení kotle a mlýna v Elektrárně Dětmárovice.
2. Popište metodiku měření a stávající jemnosti mletí vybraných mlýnů.
3. Navrhněte úpravu návratové klapky pod třídičem mlýna.
4. Vypracujte tepelnou a hmotovou bilanci kroužkového mlýna pro výkon 33 t/h paliva.
5. Proveďte technické a ekonomické zhodnocení navrhovaných úprav.

Grafické práce:

Výkresová dokumentace mlýna a upravené návratové klapky.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Černý V. a kol. Parní kotle a spalovací zařízení, SNTL Praha 1975.
- [2] Kolat P. Přenos tepla a hmoty, skripta VŠB Ostrava 1987.
- [3] ON 074017 Tepelný výpočet parních kotlů.
- [4] Dlouhý T. Výpočty kotlů a spalínových výměníků, skripta ČVUT Praha 2005


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Dr. Ing. Bohumír Čech**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011




prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Roman LODER

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kosmonautů 507, Karviná-4, 73401

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. LODER, R. Návrh úprav kroužkového mlýna MKM – 33 v Elektrárně Dětmárovic. Ostrava: katedra energetiky, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011, 58 s. Diplomová práce, vedoucí Dr. Ing. Bohumír Čech.

Diplomová práce se zabývá návrhem úprav kroužkového mlýna MKM – 33 v Elektrárně Dětmárovic. V úvodu je popsáno stávající zařízení, kotel a mlýn, metodika měření a stávající jemnosti mletí. Práce se zabývá návrhem úpravy návratové klapky pod třídičem mlýna, která řeší zlepšení jemnosti mletí paliva, dále navrhuje instalaci měření difference tlaku na vstupu a výstupu z mlýna, pro zvýšení bezpečnosti provozu a nakonec navrhuje úpravu lopatek třídiče mlýna, umožňující další regulaci jemnosti mletí. V diplomové práci je vypracovaná tepelná a hmotová bilance kroužkového mlýna pro výkon 33 t/h paliva. V závěru je provedeno technické a ekonomické zhodnocení úprav.

ANNOTATION OF THESIS

Bc. LODER R., Adjustment Design of ring Mill MKM – 33 in Power Plant Dětmárovic. Ostrava: Department of Power Engineering, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2011, 58 p. Thesis, head: Dr. Ing. Bohumír Čech.

This thesis concerns a Design of Ring Mill MKM – 33 Adjustment at Power Plant Detmarovice. Existing equipment - boiler and mill, current measurement methodology and current finesses of grinding are described in the introduction. The thesis concerns a design of valve return adjustment under the mill sorter that brings an improvement into fuel grinding finesses, further suggests to install measurement of differential pressure at the inlet and the outlet of the mill to increase operating safety and ultimately proposes a modification to the mill blades screens to enable further control of grinding finesse. A heat and mass balance of ring mill for performance 33 t / h of fuel has been worked out. In the conclusion there is a technical and economic evaluation of the adjustment designed above.

Obsah:

Seznam použitých zkratk a symbolů	- 8 -
1 Úvod	- 9 -
2 Obecný popis stávajícího zařízení ^[1]	- 10 -
2.1 Popis kotle PG 650 ^[2]	- 10 -
2.2 Napájecí voda pro kotel PG 650 ^[2]	- 14 -
2.3 Vzduch pro kotel PG 650 ^[2]	- 14 -
3 Popis koncepce ŘS ^[2]	- 17 -
3.1 Základní prvky systému ^[2]	- 17 -
3.2 Úrovňové uspořádání struktury TELEPERM XP ^[2]	- 18 -
3.3 Ostatní systémy připojené k TELEPERM XP ^[2]	- 20 -
4 Popis HW sestavy ŘS bloku ^[2]	- 21 -
Systém zabezpečení proti výpadkům FS (funkční skupina).....	- 21 -
4.1 Popis pomocných pracovišť operátora (CWA, CWF).....	- 22 -
Pomocný panel CWF10	- 22 -
Pomocný pult CWA10	- 23 -
5 Popis jednotlivých částí mlýnského zařízení	- 24 -
5.1 Mlecí linky	- 24 -
5.1.1 Zásobník surového uhlí ^[2]	- 24 -
5.1.2 Řetězový podavač surového uhlí ^[2]	- 25 -
5.1.3 Popis mlýna MKM – 33.....	- 27 -
5.1.4 Popis činnosti mlýna ^[2]	- 29 -
5.1.5 Mlýnský ventilátor ^[2]	- 32 -
5.1.6 Těsnící mlýnský ventilátor ^[2]	- 33 -
6 Třídič mlýna	- 34 -
6.1 Funkce směrové lopatky třídiče	- 35 -
6.2 Funkce návratové klapky.....	- 36 -
6.3 Stávající návratová klapka	- 36 -
7 Návrh nové návratové klapky	- 37 -
8 Návrh nové směrové lopatky ^[5]	- 37 -
9 Zabezpečení mlýna proti havarijnímu stavu	- 38 -

9.1	Stávající zabezpečení mlýna	- 38 -
9.2	Návrh nového zabezpečení mlýna	- 39 -
10	Popis metodiky měření a stávající jemnosti mletí	- 39 -
10.1	Příprava uhelného prášku ^[5]	- 39 -
10.2	Měření stávající jemnosti mletí ^[3]	- 40 -
11	Tepelná bilance mlýna MKM – 33 ^[3]	- 43 -
11.1	Vstupní veličiny	- 43 -
11.2	Výstupní veličiny	- 44 -
11.3	Rovnice tepelné bilance	- 44 -
11.3.1	Citelné teplo sušícího média na vstupu	- 44 -
11.3.2	Citelné teplo uhlí na vstupu	- 45 -
11.3.3	Citelné teplo těsnícího vzduchu	- 47 -
11.3.4	Teplo vzniklé třením	- 48 -
11.3.5	Teplo potřebné na vysušení vody	- 48 -
11.3.6	Citelné teplo nosného média na výstupu	- 48 -
11.3.7	Citelné teplo uhlí na výstupu	- 49 -
11.3.8	Tepelná ztráta mlýna	- 49 -
11.4	Výpočet množství sušícího vzduchu	- 49 -
11.5	Přepočet na m ³ /kg a shrnutí	- 51 -
12	Hmotnostní bilance mlýna MKM – 33	- 51 -
12.1	Rovnice hmotnostní bilance	- 51 -
12.1.1	Hmotnostní množství sušícího vzduchu	- 52 -
12.1.2	Hmotnostní množství těsnícího média	- 52 -
12.2	Vyřešení rovnice hmotnostní bilance	- 52 -
13	Změna vstupního paliva ^[2]	- 53 -
13.1	Změna vlhkosti vstupujícího paliva	- 54 -
14	Technické a ekonomické zhodnocení úprav	- 55 -
14.1	Ekonomické zhodnocení ^[4]	- 56 -
15	Závěr	- 57 -
16	Seznam použité literatury:	- 58 -
17	Seznam příloh	- 58 -

Seznam použitých zkratk a symbolů

EDĚ	Elektrárna Dětmarovice
VEP	Vedlejší energetické produkty
PG	Parní generátor
EKO	Ekonomizér
ZSU	Zásobník surového uhlí
PSU	Podávač surového uhlí
ČSCHV	Čerpací stanice chladící vody
BÚK	Bloková úprava kondenzátu
HW	Hardware - technické vybavení
SW	Software-programové vybavení
VT	Vysokotlaká pára
ST	Středotlaká pára
PI	Přehřívák 1
EKO	Ekonomizér
VV	Vzduch pro spalování
TG	Turbogenerátor
TN	Turbonapaječka
EN	Elektronapaječka
HUP	Hlavní uzávěr plynu
ML	Mlecí linka
T	Turbína
K	Kotel
Ko	Kondenzátor

1 Úvod

Elektrárna Dětmárovice se nachází u Ostravy v blízkosti polských státních hranic, byla postavena v letech 1972 – 1976 a výkonem 800 MWe je největší klasickou uhelnou elektrárnou na Moravě. V letech 1997 – 1998 byla zprovozněna odsiřovací jednotka, která je vyústěním čtyřletého programu denitrifikace. Elektrárna ročně vyrobí okolo 2,5 TWh elektrické energie a více než 800 TJ tepla, které se dodává především do měst Orlová a Bohumín. Společná výroba elektrické energie a tepla v jednom cyklu, tzv. kogenerace, snižuje spotřebu paliva na vyrobenou jednotku energie a tím šetří i životní prostředí.

V loňském roce elektrárna vyrobila téměř 2,3 TWh elektrické energie a více než 550 TJ tepla, které dodává zejména do Orlové. Roční dodávky tepla do Orlové činí kolem 450 TJ. Zbývajících cca 100 TJ tepla směřuje k odběratelům v okolí elektrárny. Výhodou je rovněž provozně - technická i očekávaná cenová stabilita dodávek v delším výhledu. Ze spalovacích procesů probíhajících při výrobě elektřiny a tepla vznikají vedlejší energetické produkty, které se stávají za předpokladu splnění technických a zákonných podmínek surovinou pro další zpracování a výrobu. EDĚ vyprodukuje ročně cca 400 000 tun VEP. Z tohoto množství je 90% popelovin, které jsou certifikovány a využívány ve stavebnictví především jako přísada do cementu, betonu či pórobetonu. Zbýlých 10 % představuje energosádrovec, který je produktem odsíření z mokré vápencové vypírky. V EDĚ je využíván spolu s částí popelovin k rekultivačním účelům. Přebytky jsou ukládány na složiště elektrárny.^[1]

Má práce se zabývá návrhem úprav kroužkového mlýna MKM – 33 v Elektrárně Dětmárovice. První úprava spočívá v návržení návratové klapky pod třídičem mlýna, která směřuje ke zlepšení jemnosti mletí paliva. Další návrh je návržení měření difference tlaku na vstupu a výstupu z mlýna a jeho napojení na obslužný systém Teleperm XP. Posledním návrhem je úprava lopatek třídiče mlýna tak, aby pomocí jednoduchého mechanismu umožňoval jejich natočení. V závěru je provedeno technické a ekonomické zhodnocení navrhovaných úprav.

Přínosem celé mé práce je zvýšení jemnosti mletí uhlí a tím minimalizovat nedopal v palivu. Tato úprava vede ke snížení finančních nákladů na vyrobenou 1 MWe. Přínosem měření difference tlaku je zvýšení bezpečnosti používání mlecího zařízení MKM – 33 a v případě návrhu úpravy lopatek třídiče je přínosem zabránění

zanesení či případného ucpání mlecího zařízení uhelným práškem a tímto prodloužení pracovních hodin a snížení servisních odstávek celého zařízení.

2 Obecný popis stávajícího zařízení ^[1]

Elektrárna Dětmorovice spaluje černé uhlí s průměrnou výhřevností 22 MJ/kg a obsahem síry pod 0,5 %. V Elektrárně Dětmorovice jsou instalovány čtyři výrobní bloky, každý o elektrickém výkonu 200 MW. Průměrná denní spotřeba paliva na jeden blok je cca 1600 tun uhlí. Uhlí se po rozemletí na velmi jemnou frakci spaluje v celkem čtyřech kotlích o výkonu 650 t páry/hod.

Kotle jsou z produkce podniku Vítkovice, účinnost se pohybuje okolo 90 %, nejvyšší teplota v kotli je 1400 stupňů Celsia. Každý kotel má mlecí zařízení, které se skládá ze čtyř mlecích okruhů s kroužkovými mlýny MKM - 33 o výkonu 33 t/h, kdy pro maximální výkon postačují tři mlýnské okruhy a čtvrtý mlýnský okruh je záložní.

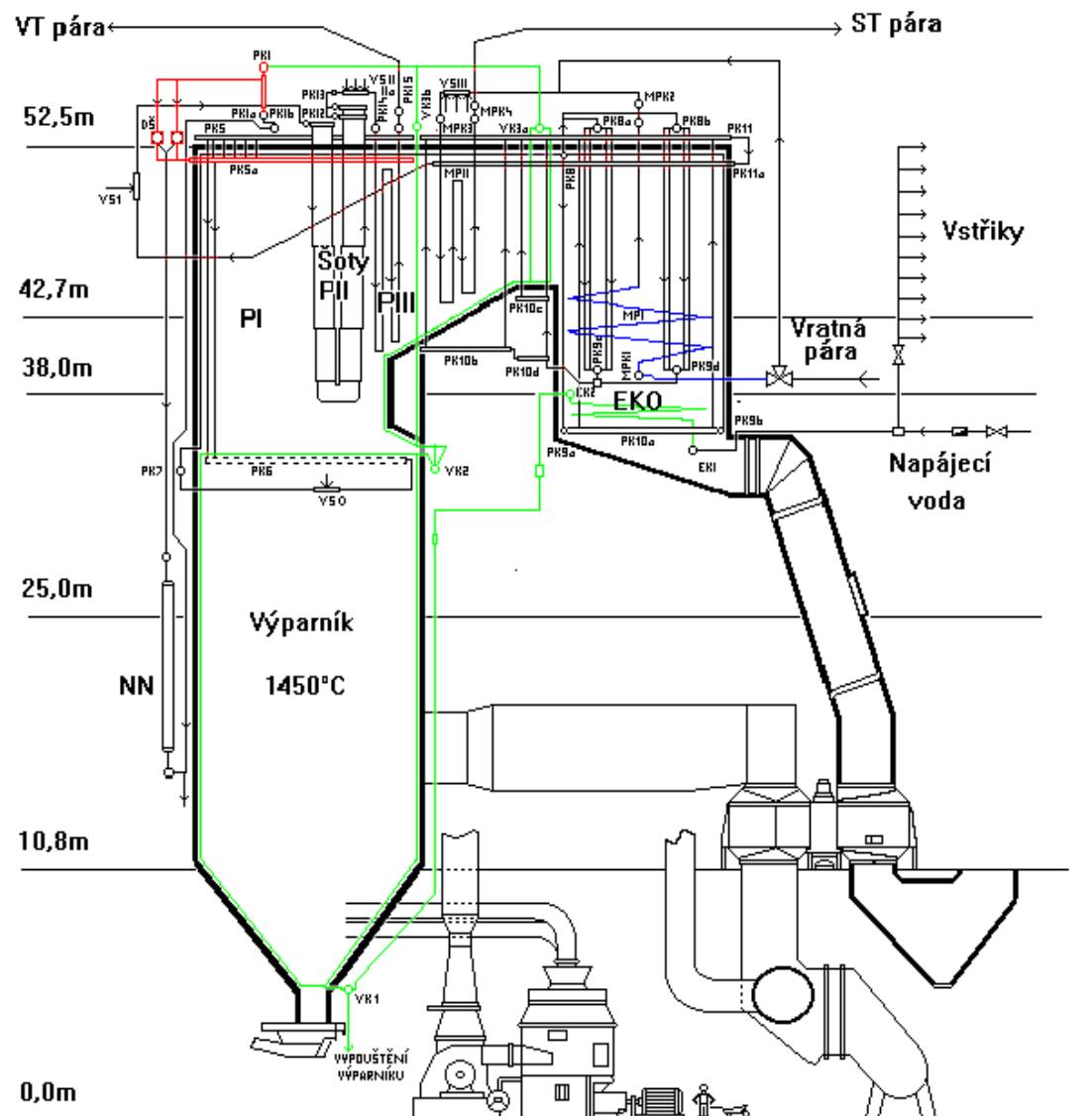
2.1 Popis kotle PG 650 ^[2]

Kotel PG 650 t/h je průtlačný, dvoutahový kotel s granulačním ohništěm spalovací komory, kde přední tah představuje spalovací komoru a šotový prostor, mezitah je prostor přehřívákový. V zadním tahu je umístěn 1. stupeň mezipřehříváku a ekonomizér. Technologický celek kotle sestává jednak z vlastního kotle a dále z návazných technologických celků pro výrobu tepla (úprava a doprava paliva, přísun spalovacího vzduchu, odtah spalin, zajištění napájení kotle vodou, čištění spalin, odtah popele a strusky).

Kotel má výšku 60 m a z vody se zde vyrábí pára o teplotě 540 °C a tlaku 17 MPa. Spalovací komora kotle je obdélníkového průřezu 12 x 11 m. Samotný kotel je zavěšen na nosné ocelové konstrukci a směr dilatace kotle je veden dolů směrem k zadnímu tahu. Schéma kotle PG 650 t/h, obrázek č. 2.1.1.

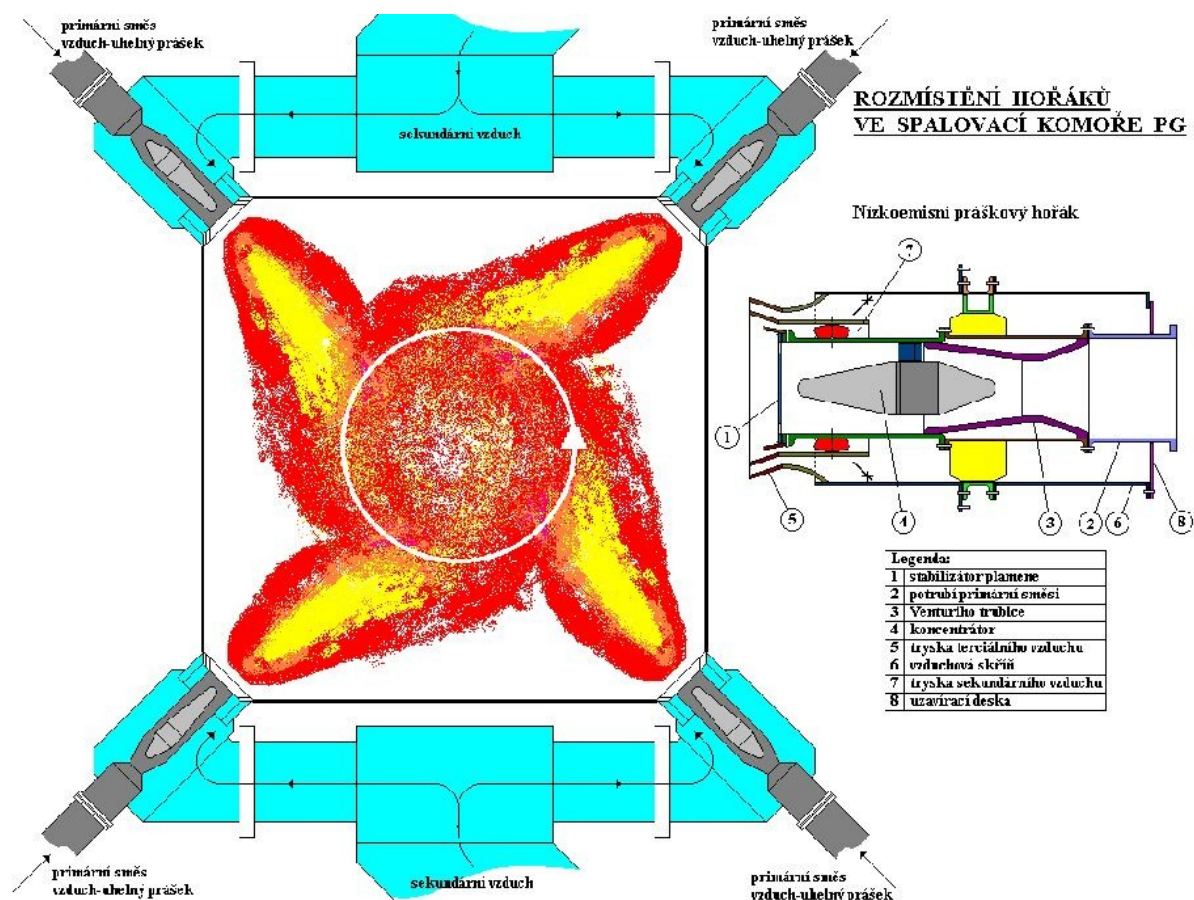
Vnější stěny kotle jsou od struskových výsypek až po zadní tah provedeny jako membránové, vzduchotěsné. Kotel je tepelně izolován pomocí desek z minerální vaty a oplechování. Izolovány jsou také kouřovody, vzduchové kanály horkého i studeného vzduchu.

Kotel má práškové hořáky, které jsou umístěny nad sebou v rozích spalovací komory ve výšce od kóty +13,6 m po kótu +21,55 m. Dále je kotel vybaven plynovými hořáky, které se používají při najíždění kotle a stabilizaci spalování během provozu. K tomuto účelu se používá zemní plyn jako doplňkové palivo. Zemní plyn je z vysokého tlaku regulován v regulační stanici umístěné mimo objekt kotelný na tlak střední a dopravován středotlakým plynovodem do kotelný.



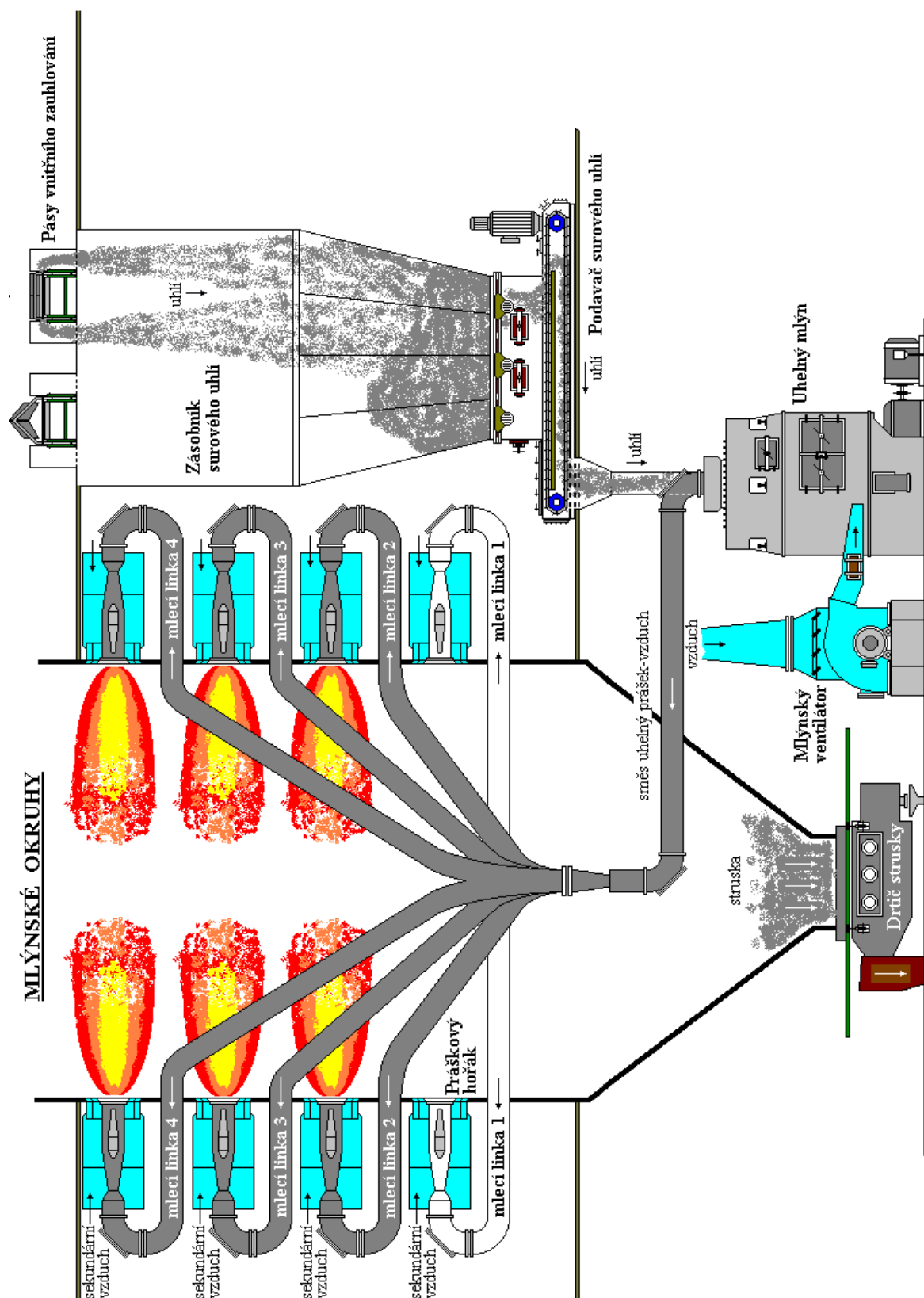
Na regulačních řadách u každého kotle je dále doregulován na tlak stanovený pro provoz plynových hořáků. Plynové hořáky jsou umístěny společně s práškovými hořáky v rozích, každý vždy mezi dvěma hořáky práškovými. Pro běžný provoz kotle jsou určeny práškové nízkoemisní hořáky. Černé uhlí, jako hlavní palivo, je podavači surového uhlí dopravováno ze zásobníků do uhelných mlýnů, kde je semleto na prášek a vzduchem z mlýnských ventilátorů dopravováno práškovody přes práškové nízkoemisní hořáky do spalovací komory kotle. Schéma práškových hořáků je na obrázku č. 2.1.2.

Kotel pracuje v nízkoemisním spalovacím systému DENOx, který se skládá z 16 ks hořáků Low-NOx-RI a 4 ks trysek dohořivacího vzduchu – OFA.



Obrázek č. 2. 1. 2 – schéma práškových hořáků^[2]

Struska jako spečený vyhořelý uhlý prášek je přes drtiče strusky, umístěnými pod výsypkou kotle, drcena a vynášena na struskové pásy. Těmi je dopravována do zásobníku strusky a dále distribuována. Celkové schéma mlecího okruhu a dopravy paliva viz obrázek č. 2.1.3.



Obrázek č. 2. 1. 3 – Schéma mléčného okruhu ^[2]

2.2 Napájecí voda pro kotel PG 650 ^[2]

Napájecí voda je dodávána do kotle z napájecí stanice, která sestává ze dvou elektronapáječek a jedné turbonapáječky. Voda je nasávána z nádrže napájecí vody, tlačena přes vysokotlaké ohříváky, přes napájecí hlavu, kterou tvoří zpětná klapka a regulační napájecí ventil, do kotle - ekonomizéru. Před vstupem do ekonomizéru je odbočka pro vysokotlaké vstříky, které zajišťují regulaci jednotlivých teplot na kotli vstřikováním rozprašené vody do proudící přehřáté páry. Středotlaké vstříky pro regulaci teplot přehřáté páry mají zajištěn přívod vody z meziodběru (nižší tlak než na výstupu z napáječky) každé napáječky.

Přehřátá pára vystupuje z kotle na dvou stranách, kde jsou na parovodu na každé straně umístěny impulsní pojistné ventily, a proudí v parovodech podél přední stěny kotle přes směšovací Y kus do vysokotlakého dílu turbíny. Teplota přehřáté páry je regulována pomocí vysokotlakých vstříků. Z vysokotlakého dílu turbíny se pára vrací zpět do kotle k přehřátí. Přehřátá pára vystupuje z kotle na dvou stranách, kde jsou na každé straně parovodu umístěny impulsní pojistné ventily, a proudí v parovodech podél přední stěny kotle přes směšovací Y kus do středotlakého dílu turbíny. Teplota přehřáté páry je regulována pomocí středotlakých vstříků a obtokem prvního dílu přehříváku. Ze středotlakého dílu turbíny proudí do nízkotlakého a dále do kondenzátoru, kde kondenzuje a kondenzát je dopravován kondenzátními čerpadly přes regeneraci zpět do nádrže napájecí vody.

2.3 Vzduch pro kotel PG 650 ^[2]

Dva vzduchové ventilátory dodávající spalovací vzduch do kotle jsou umístěny vně budovy kotelný. Spalovací vzduch je dopravován přes dva regenerační ohříváky vzduchu typu Ljungström umístěné za kotlem na samostatné konstrukci. Je to rotační regenerační výměník tepla. Předává odebrané teplo ze spalin do spalovacího vzduchu pomocí plechových košů, které se otáčejí. Vzduch vstupující do kotle se dělí na primární, sekundární a terciární.

- Primární vzduch je hnán do uhelného mlýna pomocí mlýnského ventilátoru, kde vysušuje a unáší semletý uhlý prášek. Vysušený uhlý prášek se vzduchem proudí práškovody do práškových hořáků.
- Sekundární vzduch proudí přes regulační žaluziové klapky do práškových hořáků, kde se na ústí hořáků přes vířič mísí se směsí uhelného prášku a primárního vzduchu. Spalování uhelného prášku v oblasti hořáků probíhá podstechiometricky.

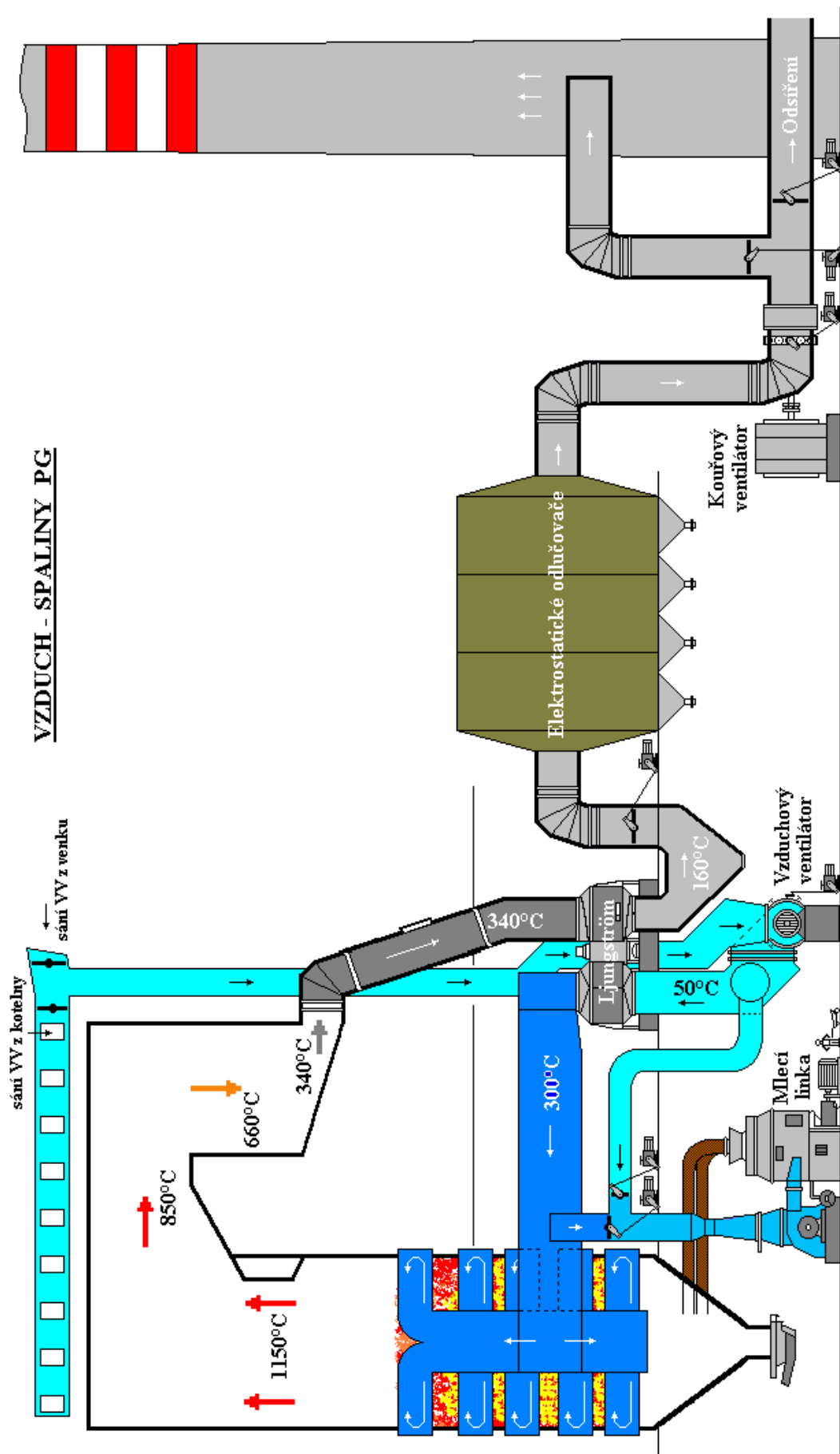
- Terciární vzduch je dodáván do kotle jako dohořívací, přes čtyři samostatné vzduchové trysky OFA umístěné v rozích kotle nad hořáky na kótě +26 m.

Kromě spalovacího vzduchu vstupuje do kotle ještě vzduch chladicí, tento je nutný ke chlazení neprovozovaných plynových hořáků, snímačů plamene, kamer a radiometrů. Dalším vzduchem, který vstupuje do kotle je vzduch falešný, tento je přisáván veškerými netěsnostmi na celé trase vzducho-spalinového traktu a spalovací komory. Odsávání spalin z kotle je zajištěno pomocí kouřových ventilátorů přes regenerační ohříváky vzduchu. V celém spalinovém traktu od spalovací komory až po kouřové ventilátory je udržován podtlak pro případ vzniku případných netěsností, kdy spaliny z tohoto důvodu nemohou opustit spalinový trakt.



Obrázek č. 2. 3. 1 – kouřové klapky

Popílek jako vyhořelý uhlý prášek je odlučován v elektrostatických odlučovačích, dopravován pneumaticky do zásobních sil popílku a odtud dále distribuován. Elektrostatické odlučovače popílku jsou umístěny před kouřovými ventilátory, sestávají ze čtyř samostatných větví. Každá větev je složena ze tří sekcí. Za odlučovači se spaliny opět slučují do dvou větví, kde jsou umístěny kouřové ventilátory. Před každým ventilátorem na obou větvích je umístěno měřící zařízení pro měření koncentraci tuhých znečišťujících látek, plyných škodlivých látek a měření koncentrace kyslíku. Poté se spaliny slučují do jedné větve a vstupují přes odsířovací jednotku do komína. V případě poruchy odsíření jsou spaliny svedeny do starého komínu. Tok spalin zajišťuje soustava kouřových klapek obr. č. 2.3.1. Schéma cesty vzduchu a spalin je vyobrazen na obrázku č. 2.3.2.



Obrázek č. 2.3.2 – schéma cesty vzduchu a spalin^[2]

3 Popis koncepce ŘS ^[2]

Pro řízení HVZ (výrobních bloků, vlastní spotřeby elektrárny a odsíření) je instalován řídicí systém TELEPERM XP s příslušnými subsystemy a vazbami na vybrané pomocné provozy:

- ČSCHV,
- BÚK.

Propojení systému a vazby na pomocné provozy jsou zpracovány jako „Přehledové schéma ŘS TELEPERM XP“. Aktualizaci zajišťuje systémový pracovník ŘS.

TELEPERM XP je digitální systém řízení technologických procesů, který realizuje následující základní funkce:

- sběr signálů z elektrárenské technologie
- řízení, ovládání a sledování procesu elektrárenské technologie
- obslužné a monitorovací rozhraní mezi technologií a operátorem
- identifikace, hlášení a archivování poruch
- pořizování a archivování údajů o provozních stavech

3.1 Základní prvky systému ^[2]

Základními komponenty systému jsou:

- AS 620 automatizační systém pro řízení procesu
- OM 650 ovládací a monitorovací systém
- ES 680 inženýrský systém pro konfiguraci a ožívování systémů
- SINEC sběrníkový systém

Automatizační systém AS 620 je rozhraním k technologii nebo k jiným automatizačním systémům. Sbírá signály z technologického procesu, přijímá povely z ovládacího a monitorovacího systému OM 650, tyto zpracovává podle logických vazeb a vydává příslušné povely pro ovládací mechanismy a pohony.

Prostřednictvím ovládacího a monitorovacího systému OM 650 operátor sleduje a kontroluje provozní stavy technologie a obsluhuje zařízení.

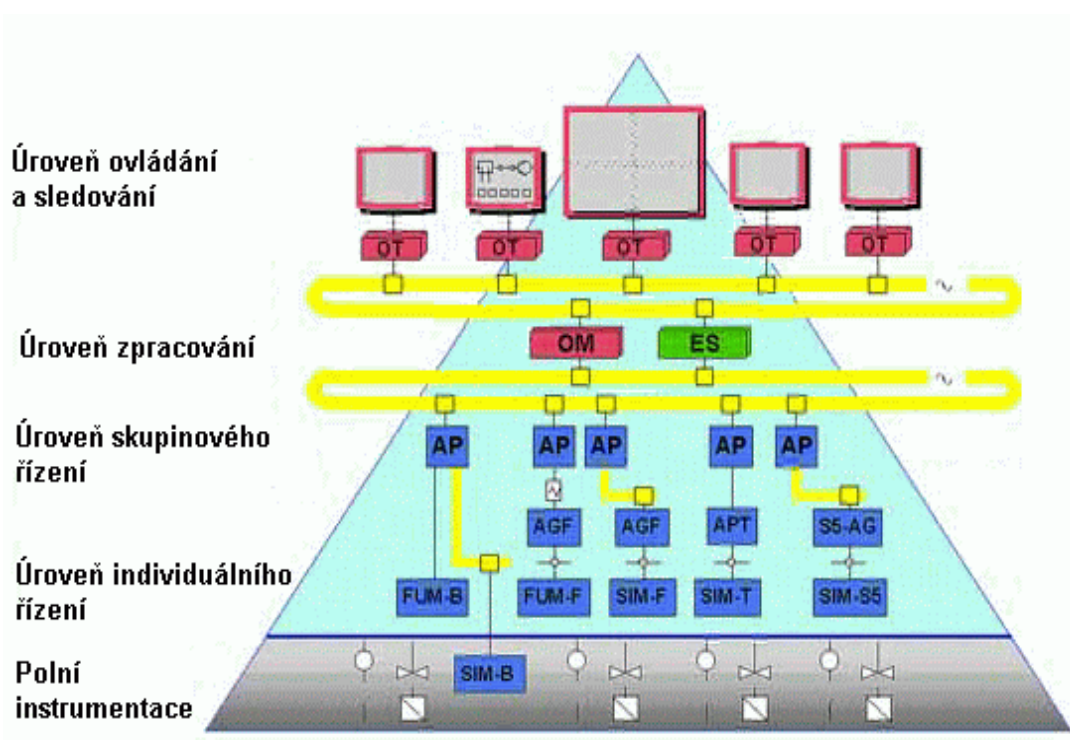
Systém ES 680: Je určen pro zadávání parametrů a konfigurací všech subsystémů. Toto pracoviště je spravováno systémovým inženýrem a není k dispozici operátorovi.

Komunikace mezi všemi instalovanými komponenty TELEPERM XP je zprostředkována sběrníkovým systémem SINEC.

3.2 Úrovňové uspořádání struktury TELEPERM XP ^[2]

Struktura systému je řešena v automatizačních úrovních tak, že do vyšší úrovně postupují informace již ve zhuštěné formě.

Následující obrázek názorně vysvětluje úrovňové uspořádání:



Obrázek č. 3.2.1 – Úrovňové uspořádání^[2]

Polní instrumentace zahrnuje:

- analogové snímače
- binární snímače
- pohony, rozvaděče, ovladače NOTREP
- decentralizovaný sběr signálů (zauhlování – jednotky SIM)

Úroveň individuálního řízení zahrnuje:

Jednotky pro úpravu vstupních a výstupních signálů dílčích systémů AS 620 B, AS 620 F, AS 620 T. Zde jsou realizovány funkce:

- napájení připojených snímačů
- hlídání měřicího rozsahu signálů
- hlídání připojených měřících převodníků
- úprava proudových signálů na fyzikální veličiny
- filtrování signálů
- vytváření mezí analogových signálů

Úroveň skupinového řízení zahrnuje veškeré procesory systému:

- AP automatizační procesor
- APF automatizační procesor Fail-safe
- APT automatizační procesor řízení turbíny

Zde jsou realizovány formou algoritmů veškeré řídicí a ochranné funkce:

- binární zpracování logických vazeb signálů
- analogové výpočtové obvody
- zpracování logiky pohonů
- zpracování logiky regulačních obvodů
- krokování sekvenčních automatů
- zpracování příkazů operátora
- přenos signálů na pracoviště operátora

Úroveň zpracování informací zahrnuje následující hlavní komponenty:

- PU procesní jednotky
- SU serverové jednotky

Tyto přístroje jsou postaveny na bázi PC a obsahují následující funkce:

PU:

- zpracování signálů
- uchování dat
- zpracování poruchových signálů
- zpracování informací z technologie

- uskutečnění výpočtů
- výstup a aktualizace dynamických obrázků pro operátora.

SU:

- funkce protokolování
- krátkodobá i dlouhodobá archivace všech dat (na HDD a MOD)

Úroveň ovládání a sledování tvoří:

- OT terminál operátora
- Tiskárna a ploter

3.3 Ostatní systémy připojené k TELEPERM XP ^[2]

- měření a vyhodnocování chvění a posuvů – COMPASS
- řízení plynových stabilizačních hořáků – SIMATIC S5-115F
- řízení neblokované výměňkové stanice – SIMATIC S5-135U
- řízení odsíření – TXP
- řízení zauhlování (částečně) – TXP (ET 200)
- řízení kompresorové stanice (částečně)-SIMATIC S5-115U
- monitoring ochran
- TELEDE – centrální dispečink
- řízení dieselgenerátorové stanice
- řízení zdroje nepřetržitého napájení (UPS)
- sledování netěsností na kotli – Leakage Detection Systém
- měření emisí – EMON
- řízení redukční stanice plynu – SIMATIC S5-95U
- řízení napětí na lince – ASRU
- řízení buzení generátorů
- administrativní síť EDĚ
- řízení EO (u bloků po výměně EO) – SIMATIC S7-300
- měření teplot trubek výparníku – SIMATIC S7-300

4 Popis HW sestavy ŘS bloku ^[2]

Řídicí systém sestává z vlastního HW řídicího systému, z HW komunikačního systému obsahujícího prostředky pro styk s obsluhou a z části SW umožňující realizovat požadované funkce.

Operátorské pracoviště výrobního bloku tvoří pult, na kterém jsou umístěny monitory s klávesnicí a myší. Na pultu se dále nachází pomocný panel CWA10 určený k nouzovému ovládání technologie. Ve stěně proti pultu je umístěn pomocný panel CWF10 pro účely sledování fázování, otáček TG a TN, nouzové ovládání oleje, odstavení elektronapáječek, mlýnů, podavačů paliva a plynových hořáků na úrovni 230 V AC (viz dokumentace elektro).

Ve stěně proti pultu se dále nacházejí monitory pro sledování plamene v kotli a ukazatel času.

V dozorně je dále umístěno pracoviště vedoucího dvojbloku s jedním monitorem, klávesnicí a myší s možností řízení a monitoringu.

Ovládání technologie se provádí na operátorském pracovišti prostřednictvím monitorů, na nichž jsou znázorněna technologická schémata obsahující veškeré informace potřebné pro řízení technologie.

Mimo operátorské pracoviště je možné vybrané akční členy ovládat po předchozím uvolnění místního ovládání operátorem nebo akční člen odstavit nadřazeným STOP tlačítkem.

Nouzové ovládání vybraných technologických zařízení je umožněno z pomocných ovládacích panelů CWA10 a CWF10.

Některé blokovací a řídicí funkce jsou řešeny přímo na nejnižší úrovni v elektročásti. Jedná se např. o samodrž při zapnutí pohonu, vypínání od ochrany vývodu pro 0,4 a 6 kV, vypínání od momentu nebo polohy u servopohonů, blokády při zapínání ss magnetů a motorů, blokády při spouštění pohonů s frekvenčními měniči apod.

Vlastní řídicí systém pro výrobní blok je realizován v systému TELEPERM XP, výrobce firma SIEMENS AG.

Systém zabezpečení proti výpadkům FS (funkční skupina)

Sestává ze dvou APF procesních modulů, které spolupracují vzájemně redundantně tzn., že v případě výpadku jednoho systému přebírá druhý systém bezporuchově provoz. Sběr signálů z čidel (binární i analogové) je prováděn způsobem

1 z 1, 1 ze 2 nebo 2 ze 3. Tento výběr je závislý na tom, ze kterých částí technologických celků je snímaná hodnota média. Úprava signálů přicházejících z provozních (polních) přístrojů se provádí ve vstupních modulech analogových a binárních signálů. Tyto vstupní signály jsou načítány do systému a tam jsou zpracovávány oběma procesory v aktivní logice 1 ze 2 v souladu se specifikací (funkční plány zabezpečovacího systému kotle a zabezpečovacího systému turbíny). Binární výstupy k ovládání vypínacích relé jsou řízeny pasivní logikou 2 ze 2. Výměna dat APF s ostatními složkami systému TXP (AP, OM) probíhá přes dvě redundantní rozhraní.

4.1 Popis pomocných pracovišť operátora (CWA, CWF)

Pomocné pracoviště operátora bloku sestává ze dvou částí:

- CWF10 – pomocný panel
- CWA10 – pomocný pult

Pomocný panel a pomocný pult jsou umístěny v dozorně na pracovišti operátora bloku. Pomocný panel je na čelní stěně pracoviště, pomocný pult na obslužném stole vedle monitorů operátora.

Pomocný panel CWF10

Obsahuje prvky pro:

- sledování otáček turbogenerátoru a turbonapáječky
- sledování činného a jalového výkonu bloku
- zapisování relativních posuvů turbogenerátoru a turbonapáječky
- ovládání umožňující nouzové ruční manipulace pro případ výpadku systému nebo nebezpečných stavů zařízení, které nejsou zapracovány v systému, jedná se o:
 - a) synchronizaci a ruční fázování za použití pomocného ovládacího pultu CWA10
 - b) ovládání olejových čerpadel turbogenerátoru
 - c) nouzové vypnutí – elektronapáječek, mlýnu, podavačů surového uhlí, plynových hořáků
 - d) uzavření HUP kotle a kotelny
 - e) ovládání klapky v ochozu odsíření – přestavení klapky na ochozu odsíření.



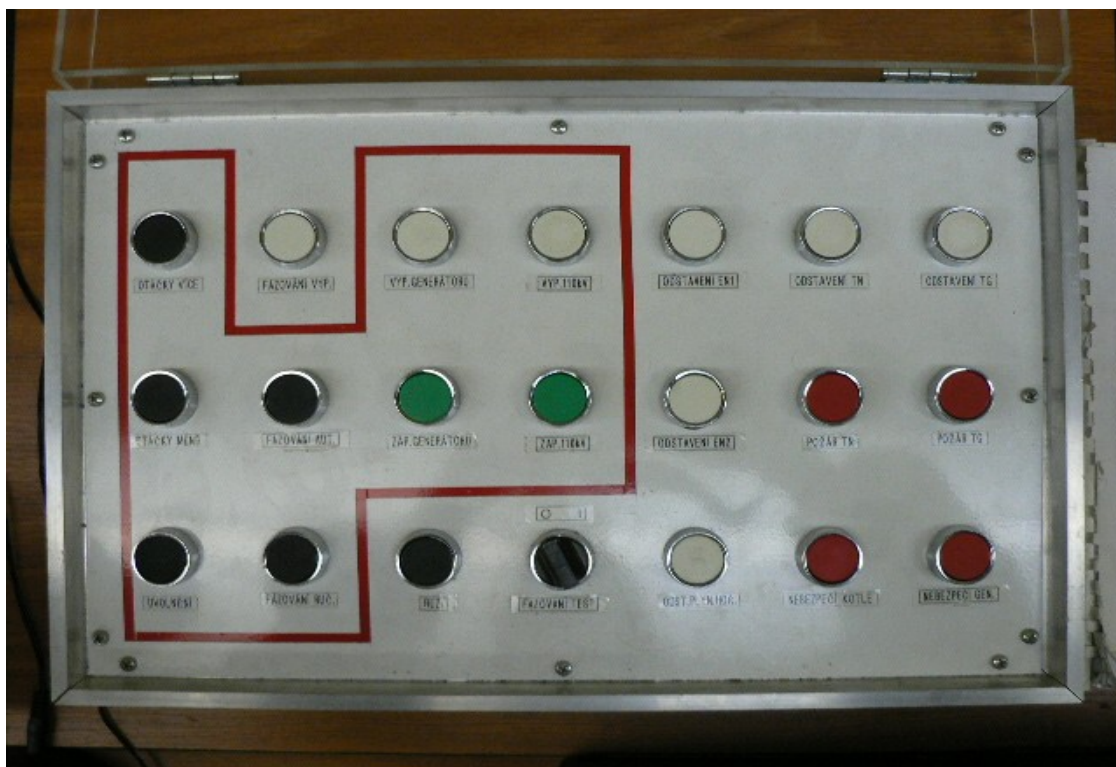
Obrázek č. 4.1.1 – panel CWF 10

Pomocný pult CWA10

Na tomto pultu jsou ovládací tlačítka pro nouzové obsluhy bloku. Jejich význam, způsob propojení s příslušným zařízením bloku a výsledná funkce je uvedena v tabulce „Pomocný pult – CWA 10“

Prostřednictvím pomocného pultu se provádí:

- manipulace pro fázování turbosoustrojí (ovládání otáček soustrojí, volba automatického nebo ručního fázování, test fázování)
- zapnutí a vypnutí generátoru
- připojení a odpojení vývodu do sítě
- odstavení elektronapáječky č. 1
- odstavení elektronapáječky č. 2
- odstavení HUP
- odstavení zařízení turbonapáječky v případě požáru
- poruchové odstavení turbogenerátoru
- odstavení turbogenerátoru v případě jeho požáru



Obrázek č. 4.1.2 – pult CWA 10

5 Popis jednotlivých částí mlýnského zařízení

5.1 Mlecí linky

Pro jeden kotel jsou instalovány čtyři mlecí linky. Každá mlecí linka sestává ze zásobníku surového uhlí, deskových uzávěrů oddělujících zásobník a podavač surového uhlí, podavače surového uhlí, kroužkového mlýna MKM-33 (33 t/h uhlí), mlýnského ventilátoru. Z každého mlýnského okruhu je veden prášek vždy do všech čtyř rohů na jedné výškové úrovni. Podle projektu zajistí při spalování garantovaného paliva plný výkon kotle 3 mlýnské okruhy. Jeden je jako rezerva.

5.1.1 Zásobník surového uhlí ^[2]

Pro zajištění toku paliva ze zásobníku surového uhlí na podavače a pro jeho přerušení slouží deskové uzávěry zásobníku surového uhlí. Každý zásobník je vybaven třemi uzávěry. Každý podavač surového uhlí je tedy oddělen od zásobníku surového uhlí deskovými uzávěry, viz Obrázek č. 5.1.1.1.



Obrázek č. 5.1.1.1 – zasunutý deskový uzávěr

Deskové uzávěry jsou celkem tři, každý se samostatným pohonem. Pro uvolňování zaklenbovaného paliva na stěnách ZSU nebo PSU jsou instalovány vzduchová děla - odstřelovače.

Stěny ZSU jsou od počátku šikmých ploch po řetěz PSU vyloženy nerezovým plechem. Toto řešení se osvědčilo, spolu v kombinaci se vzduchovými odstřelovači, proti nalepování paliva na kritických místech šikmých stěn.

5.1.2 Řetězový podavač surového uhlí ^[2]

Řetězový podavač surového uhlí (obrázek č. 5.1.2.1, tabulka č. 5.1.2.1) navazuje bezprostředně na uzávěr zásobníku surového uhlí. Ložiska jsou umístěna vně skříně s ohledem na přetlakový mlecí okruh.

Hřídele prochází stěnami přes ucpávky. Napnutí řetězu je zajištěno pružinami, které odtlačují napínací stanici směrem od hnací hřídele. Napínací stanice jsou uloženy na kluzkém vedení na straně výstupu paliva z podavače, pohon podavače je na straně výstupu paliva ze zásobníku. Krouticí moment motoru s frekvenčním řízením otáček je přenášén přes planetovou převodovku, dále přes čelní ozubený převod 1:2 na hnací hřídel podavače.



Obrázek 5.1.2.1 – Řetězový podavač surového uhlí

PSU jsou vybaveny magnetickými snímači, které signalizují přerušení chodu řetězu a měřením otáček podavače. Otáčky podavačů jsou měřeny indukčními snímači umístěnými na hnaném hřídeli podavače. Jejich výstupní signál je upraven pro možnost zapojení na centrální regulaci. Z podavačů je uhlí vedeno do mlýna svislou plechovou svodkou.

Podavače surového uhlí jsou zavěšeny pod zásobníky surového uhlí. Spotřební údaje zařízení viz tabulka 5.1.2.1:

Název	Hodnota
Dopravní množství uhlí	33 t /h
Napětí elektromotoru	380 V
Otáčky PSU	0,5 - 5 ot. /min
Počet jednotek na jeden kotel	4
Výkon pohonu jednotky - elektromotoru	18,5 kW
Výrobce	Polsko

Tabulka č. 5.1.2.1 ^[2]

5.1.3 Popis mlýna MKM – 33

Uhelný mlýn typu MKM-33 se skládá z těchto částí:

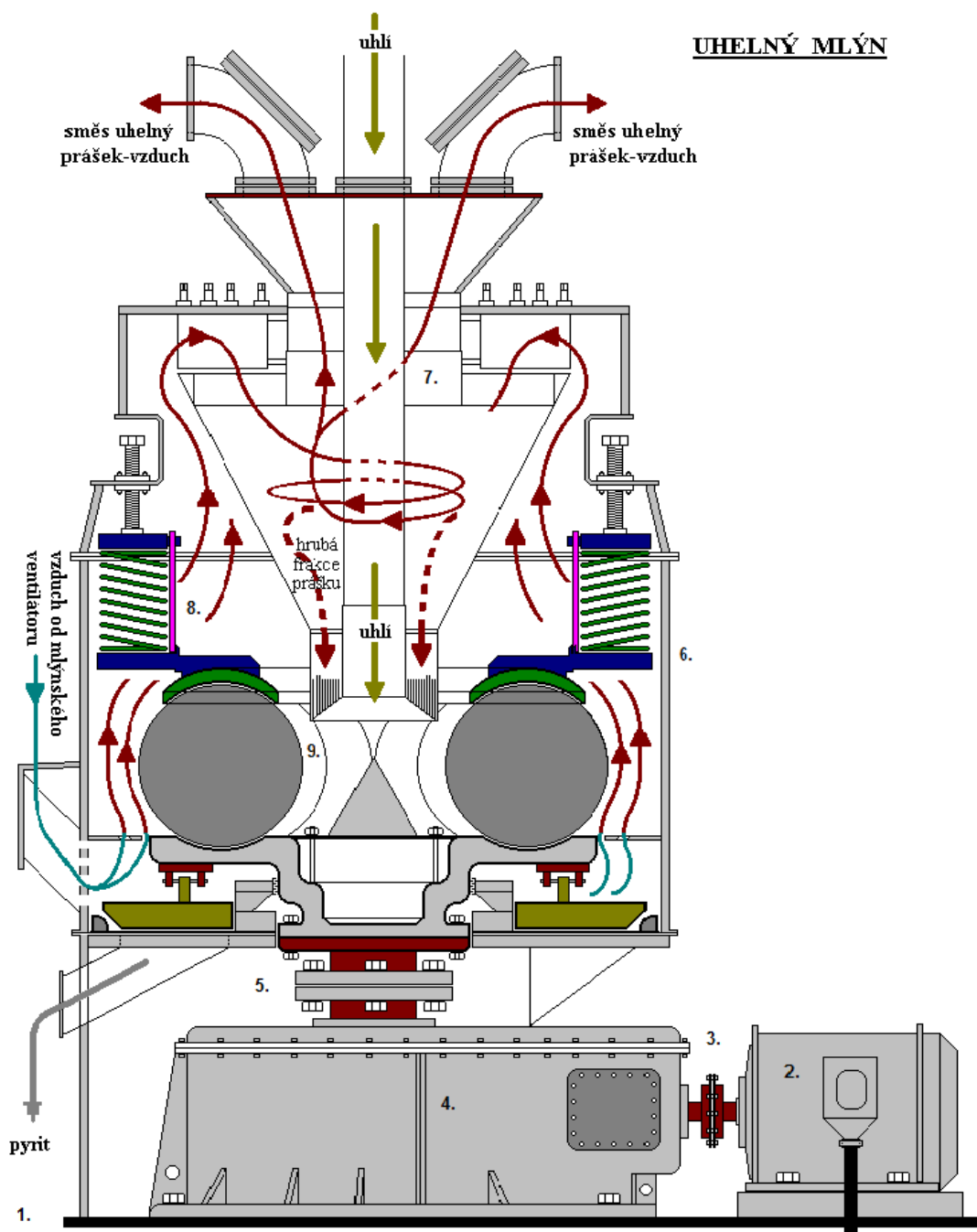
1. základová deska
2. elektromotor
3. spojka typu BKN
4. převodová skříň
5. podstavec mlýna
6. komora mlýna
7. třídič
8. pružinový přítlačný systém
9. mlecí soubor

O pohon celého zařízení se stará elektromotor typu SZJr – 138r o výkonu 400 kW a 735 ot./min. Elektromotor je ustaven na přesuvných deskách, které jsou přišroubovány do základové desky. Spotřební údaje viz tabulka č. 5.1.3.1. Spojení převodové skříně mlýna s motorem je provedeno pomocí spojky BKN. Na obrázku č. 5.1.3.1. je v řezu vyobrazeno schéma uhelného mlýna.

Spotřební údaje zařízení

Název	Hodnota
Hmotnost celková	103 t
Hmotnost převodové skříně	24, 5 t
Maximální mlecí výkon	9,15 kg/s = 33 t/h
Maximální teplota sušícího vzduchu	370 °C
Množství sušícího vzduchu	12,5 m ³ /sec
Otáčky rotoru - mlecích elementů	37 ot./min
Počet jednotek na jeden kotel	4
Převodová skříň	735 / 37 ot./min
Výkon pohonu jednotky	370 kW
Výrobce	Polsko
Zrnitost surového uhlí	0 - 30 mm

Tabulka č. 5.1.3.1 ^[2]



Obrázek č. 5.1.3.1 – Schéma uhelného mlýna^[2]

Komora mlýna je vybavena přeletovým prstencem a dále opatřena vstupy pro horký sušící vzduch umístěnými v dolní části válce komory. Dále je komora vybavena dvířky pro kontrolu, montáž a demontáž mlecích koulí.

V horní části komory mlýna je umístěno vedení pro přítlačný soubor, viz obrázek č. 5.1.3.2. Na komoře mlýna je přišroubován třídič skládající se z vnější části s kontrolními dvířky a víka, na kterém jsou upevněny řídící lopatky viz obrázek č. 5.1.3.3.



Obrázek č. 5.1.3.2 – přítlačný soubor a vedení



Obrázek č. 5.1.3.3 – řídicí lopatky třídiče

Základním pracovním elementem jsou mlecí koule, které se točí na drtícím prstenci. Mlecí koule jsou přítlačovány shora nepohyblivým přítlačným prstencem.

5.1.4 Popis činnosti mlýna ^[2]

Krouticí moment se přenáší z elektromotoru přes spojku na hlavní hřídel, z něj dále na dolní prsteneč, kdy tento krouticí moment způsobí jeho otáčení a obíhání koulí na dráze prstence. Uhlí padající centrální svodkou se dostává nejdříve na kužel a od tohoto je odhozeno mezi otáčející se drtící prsteneč a koule, kde je rozdrčeno a semleto. Semleté uhlí je následně vysušováno horkým vzduchem, který je přiváděn do tohoto prostoru pomocí přeletové mezery, viz obrázek č. 5.1.4.1.



Obrázek č. 5.1.4.1 – přeletová mezera

Dostatečně semleté uhlí je okamžitě zpod mlecích koulí unášeno do třídiče, kde nastává další oddělení hrubých frakcí prášku a jejich návrat přes návratovou zpětnou klapku zpět do mlecího prostoru komory k opětovnému semletí.

Odpovídající síla potřebná pro rozdrčení uhlí se získává tlakem pevného přítlačného prstence pomocí čtyř přítlačných zařízení. Přítlačné zařízení je regulovatelné. Přítlačná síla je závislá na tvrdosti mletého uhlí a požadované jemnosti mletí udávané odpovídajícím zůstatkem na síti.

Současný stav návratových klapek pod třídičem, obrázek č. 5.1.4.2:



Obrázek č. 5.1.4.2 – návratové klapky pod třídičem

Spolu s uhlím přicházející pyrit, lupky a kovové části přepadávají z mlecího prostoru do pyritového prostoru mlýna, odkud jsou shrnovány pomocí tzv. kartáče k přesypové komoře a odtud je pyrit dle potřeby ručně odsypáván.

Na obrázku č. 5.1.4.3 je shrnovací kartáč a otvor do přesypové komory.



Obrázek č. 5.1.4.3 – shrnovací kartáč

Ochrana proti následkům výbuchu ve mlýně^[2]

Příčinou možného výbuchu ve mlýně je usazení paliva v mlecím prostoru (např. deformovaná a nadzvednutá podlaha mlecího stolu, ucpané štěrbiny přeletového prstence - obrázek č. 5.1.4.1, ucpaná pyritovací klapka se vznikem ohniska požáru v pyritovacím prostoru apod.).

V případě výpadku paliva nebo chvilkového přerušení dojde k náhlému zvýšení teploty v mlecím prostoru a zde ke vznícení usazeného paliva a uhelného prášku při obnovení toku paliva do mlýna. Při výbuchu paliva dochází k prudkému nárůstu tlaku a vyražení víka PSU s následným vyšlehnutím plamene až na úroveň +25 m. Z důvodu vysokých následných škod na zařízení kotelny při případném výbuchu byly instalovány kontrolní obvody společně s hasicím zařízením mlýna.

Kontrolní obvod – hlídání otevření víka PSU: signál ze snímače je zaveden do ochrany mlýna a při přerušení obvodu (nadzvednutí víka) dojde k těmto událostem:

- Odstavení pohonu mlýna
- Odstavení pohonu PSU
- Odstavení pohonu mlýnského ventilátoru
- Otevření ventilu na přívodu páry pro hašení mlýna

Kontrolní obvod – teplota za třídičem: snímač za třídičem je nastaven na teplotu $T_{\max} = 180\text{ °C}$, pokud teplota překročí tuto hranici, snímač vyšle signál do ochrany mlýna a způsobí:

- Odstavení pohonu mlýna
- Odstavení pohonu PSU
- Odstavení pohonu mlýnského ventilátoru
- Otevření ventilu na přívodu páry pro hašení mlýna

5.1.5 Mlýnský ventilátor^[2]

Jedná se o jednoproudý radiální ventilátor WPM – 97/2 který je určen pro dopravu vzduchu o teplotě média, která by neměla překračovat 370 °C. Skládá se z následujících souborů: rám včetně podstavců ložisek, rotor, skříň a difuzor, vstupní hrdlo, žaluziové a regulační zařízení, hřídel s uložením, mazací zařízení a poháněcí elektromotor.

Ventilátor je uložen v kluzných ložiscích. Jednoduchá konstrukce uložení umožňuje lehkou a rychlou montáž i demontáž v případě opravy. Regulace mlýnského ventilátoru se děje pomocí naklánění želuziových klapek.

Spotřební údaje zařízení tabulka 5.1.5.1

Název	Hodnota
Celkový tlak	8330 – 12000 Pa
Doba rozběhu	17 s
Dopravní množství	2833 m ³ /min
Hmotnost elektromotoru	3550 kg
Hmotnost ventilátoru	7650 kg
Napětí elektromotoru	6 kV
Otáčky ventilátoru	1490 ot/min
Počet jednotek na jeden kotel	4
Teplota vzduchu	300 °C
Výkon pohonu jednotky - elektromotoru	630 kW
Výrobce	Polsko

Tabulka č. 5.1.5.1^[2]

Minimální výkon ventilátoru je dán minimální přípustnou rychlostí uhelného prášku ve směsi s primárním vzduchem, kdy se uhelný prášek nebude usazovat v práškovodech, tj. výkon nesmí klesnout pod 8 Nm³/s.

Maximální výkon ventilátoru je dán maximálním dopravním množstvím primárního vzduchu při otevřených regulačních klapkách na 100 %, což činí 15 Nm³/s.

Množství vzduchu do mlýna se reguluje pomocí lopatek mlýnského ventilátoru. Pro tuto regulaci je možno tlačítkem předvolit jeden ze dvou regulačních obvodů. Přednostně však používáme regulaci množství vzduchu v sání mlýnského ventilátoru, kdy žádané množství vzduchu je počítáno z otáček podavače paliva. Při klasické proudové regulaci je udržován konstantní proud motoru. Při obou způsobech regulace má operátor možnost korekce na obrazovce mlýna.

5.1.6 Těsnící mlýnský ventilátor ^[2]

Podle původního projektu byl pro jednu mlecí linku přiřazen jeden těsnící ventilátor. Spotřební údaje zařízení jsou v tabulce č. 5.1.6.1. Těsnící ventilátor je dvoustupňový s jednoproudým převáděním. Po GO byl rozvod vzduchu propojen do společného potrubí pro všechny čtyři mlecí linky a těsnící ventilátory jsou provozovány do tohoto společného rozvodu. V provozu jsou tedy vždy jen dva těsnící ventilátory a jeden záložní, čtvrtý byl zrušen. Pro čtyři mlecí linky každého kotle jsou instalovány celkem tři těsnící ventilátory se zaústěním výtlačků do společného rozváděcího potrubí. Z tohoto potrubí jsou vyvedeny příklady těsnícího vzduchu pro každý mlýn. Na vstupu

těsnícího vzduchu do každého mlýna je umístěna dálkově ovládaná uzavírací klapka. Sání každého těsnícího ventilátoru je provedeno ze společného sacího potrubí, jež je zaústěno do kanálu přívodu studeného vzduchu k sání MV a chlazení PSH.

Spotřební údaje zařízení

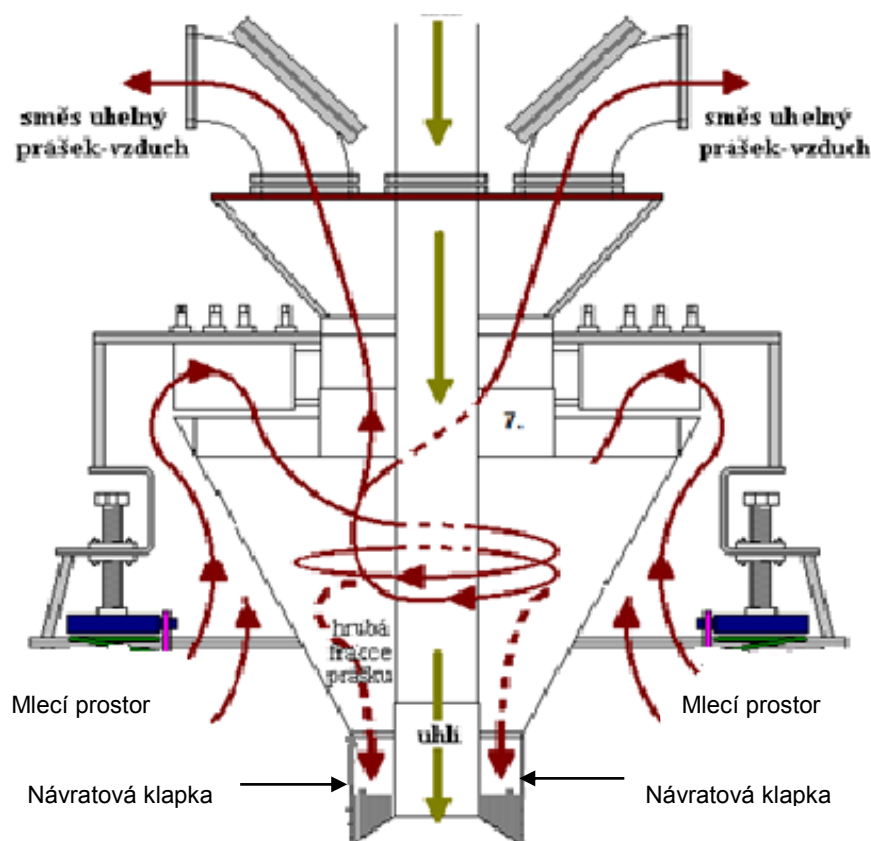
Název	Hodnota
Celkový tlak	11270 Pa
Doba rozběhu	17 s
Dopravní množství	25 m ³ /min
Hmotnost ventilátoru	650 kg
Napětí elektromotoru	380 V
Otáčky ventilátoru	2960 ot/min
Počet jednotek na jeden kotel	3
Teplota vzduchu	50 °C
Výkon pohonu jednotky - elektromotoru	13 kW
Výrobce	Polsko

Tabulka č. 5.1.6.1 ^[2]

6 Třídič mlýna

Uhelný prášek, je z mlýna unášen horkým vzduchem po semletí do třídiče. Nedostatečně semletý prášek je potřeba vrátit zpět do mlýna k opětovnému semletí na žádanou zrnitost.

K této činnosti slouží tzv. třídič mlýna. Tento třídič mlýna je umístěn na výstupní přírubě mlýna. Na mlýnu MKM – 33 je použit stacionární třídič, který pracuje na principu odstředivých sil. V horní části třídiče jsou umístěny směrové lopatky, které způsobí usměrnění nosného média (kapitola 5.1.3, obrázek č. 5.1.3.3).



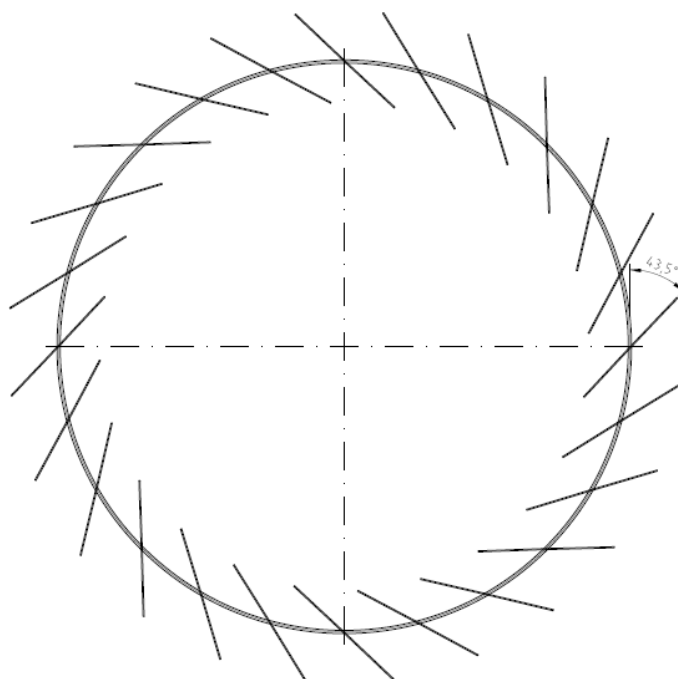
Obrázek 6.1 – třídič mlýna MKM – 33^[2]

Vlivem tohoto usměrnění je nosné médium společně s uhlým práškem vháněno do vnitřní kuželové části třídiče, kde začne rotovat, těžší nedostatečně semletá zrna se oddělí vlivem setrvačné síly a padají po stěnách vnitřního kužele přes návratové klapky zpět do mlecího prostoru.

6.1 Funkce směrové lopatky třídiče

Kromě usměrnění toku nosného média závisí na funkci směrových lopatek stacionárního třídiče také výše tlakové ztráty mlýna a jeho příkonu. Natočení lopatek, které by nebyly v rozmezí mezi 40° – 60° , zhoršuje jemnost mletí. Uvedené případy nejsou žádoucí.

Natočení lopatek třídiče je v tomto případě fixně nastaveno na hodnotu $43,5^\circ$ od tangenty kružnice obr. 6.1.1. Stávající stav tedy umožňuje regulovat jemnost mletí pouze pomocí přítlačného souboru mlýna a popřípadě změnou množství sušícího média.



Obrázek 6.1.1 – natočení směrových lopatek třídiče

6.2 Funkce návratové klapky

Na funkci návratové klapky pod třídičem, která odděluje prostor třídiče s nižším tlakem a prostor mlecí s vyšším tlakem, závisí výsledná jemnost mletí a tímto také účinnost kotle a ztráta mechanickým nedopalem. Klapka musí být konstrukčně vyřešena tak, aby byla trvale funkční a odolná proti mechanickému poškození. Klapka se otevírá pouze tlakem nedostatečně semletého uhlí a uzavírá se tlakovým rozdílem mlecího prostoru a třídičem mlýna.

6.3 Stávající návratová klapka

Na obrázku č. 5.1.4.2 je vyobrazena stávající klapka pod třídičem mlýna, je konstrukčně jednoduchá. Během provozu se jednotlivé listy klapky pohybují kolem rovnovážné polohy. Nevýhodou tohoto řešení je, že tvar listů klapky umožňuje při jejím otevření možné zaseknutí odlétávajících větších kusů uhlí při mletí mezi dva sousední listy klapky a tímto způsobí trvalé otevření klapky. Další nevýhodou se jeví uchycení jednotlivých listů klapky vlivem nehostinného prašného prostředí a mechanického namáhání, může dojít k zadření a tímto znemožnění otevřít klapku při tlaku sloupce nesprávně semletého uhlí.

V případě, kdy klapka je nefunkční a zůstane trvale otevřena, mlýn mele hrubě, v případě trvalé uzavřené klapky může dojít k zauhlení mlýna a jeho poškození, např. následkem vzniku požáru.

7 Návrh nové návratové klapky

Navrhuji nové řešení návratové klapky pod třídíčem a to z důvodu uvedených v kapitole (6.2.). Dále také z důvodu, že chod jednotlivých listů návratové klapky nelze za provozu zkontrolovat, proto je nutné navrhnout takovou konstrukci, která bude v těchto nehostinných podmínkách plně funkční.

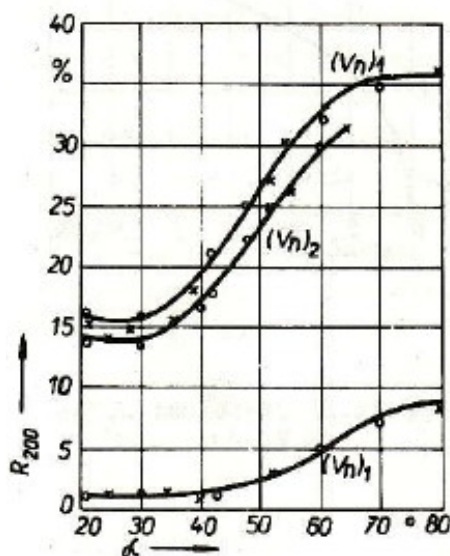
Při novém řešení se nová návratová klapka bude skládat z celkem osmnácti listů, devíti vnějších a devíti vnitřních. Jednotlivé listy jsou samostatně zavěšeny pomocí dvou ok. Tvar listů je upraven tak, že v horní části se jednotlivé listy budou překrývat, aby nedošlo ke zpětnému toku nosného média s uhelným práškem do třídíče mlýna. Spodní část jednotlivých listů bude rozšířena, aby při otevření klapky nedošlo ke vzniku možné mezery, do které by se mohly zachytit případné odlétávající velké kusy uhlí nebo kamení. Boční hrany jednotlivých listů jsou zaobleny, aby mohly po sobě hladce klouzat. Horní hrana je sražena tak, aby znemožňovala usazování větších kusů uhlí. Navíc pomocí zavěšení vnitřních a vnějších listů umožňuje již při malém množství neseملتého uhlí vrácení třídíčem otevření pouze vnějších listů a vrácení tohoto uhlí do mlecího prostoru. Závěsná oka jsou přivařena k vnitřnímu prstenci třídíče.

Pro výrobu nových listů návratové klapky by mohl být použit materiál Hardox 450, který vyniká ořezuvzdornými vlastnostmi. Výkresová dokumentace č. 2-60-RL, a 5-60-RL znázorňuje nové řešení klapky.

8 Návrh nové směrové lopatky ^[5]

Pro rozšíření možnosti regulace jemnosti mletí navrhuji provést úpravu směrových lopatek třídíče. Úprava spočívá ve změně ukotvení směrové lopatky, kdy tato nebude ukotvena fixně, ale pomocí příruby a kulatiny. Změna povede k možnosti tyto lopatky natáčet v libovolném úhlu, v podstatě od 0° až po 90°, vůči průsečíku osy lopatky a osy mlýna.

Naměřená charakteristika odstředivého třídíče je na obr. 8.1. Z grafu je zřejmé, že je-li úhel α v rozmezí od 0° až 30° a 70° až 90°, jsou regulační vlastnosti špatné, protože se zde změna natočení regulačních lopatek skoro vůbec neprojeví žádnou změnou jemnosti mletí prášku. Naopak pokud je α v rozmezí 30° až 70° má naměřená charakteristika průběh příznivý. Pokud budeme měnit množství nosného média, bude se charakteristika posouvat přibližně eqidistantně.



Obrázek 8.1 – Charakteristika odstředivého třídiče ^[5]

Touto úpravou dostaneme další možnost regulace jemnosti mletí. Výkres 6-60-RL až 10-60-RL, znázorňuje nové řešení.

9 Zabezpečení mlýna proti havarijnímu stavu

Pokud nastane situace, kdy se do mlýna podává delší dobu větší množství paliva, než odpovídá množství namletého prášku, který z mlýna vystupuje, dojde k zahlcení mlýna. Tento stav může nastat vlivem změny vstupních parametrů paliva (změna jeho vlhkosti), kdy kroužkový mlýn není schopen pomlít příliš vlhké palivo. Nastalá situace se projeví postupným snižováním výkonu a zvyšováním tlakové ztráty nosného vzduchu. S touto situací se zároveň zvyšuje i příkon mlýna.

Při včasném nerozpoznání vzniklého problému nastane havarijní stav, kdy je nutno celé mlecí zařízení odstavit a opravit.

9.1 Stávající zabezpečení mlýna

Stávající zabezpečení na mlýně MKM – 33 v elektrárně Dětmárovice je takové, že se měří pouze tlak na vstupu a teplota směsi na výstupu za třídičem mlýna. Toto je nedostatečné zabezpečení proti možnému zahlcení mlýna palivem. Navíc se s palivem často do mlýna dostane i kámen, který v závislosti na své velikosti při dopadu na spodní otočný talíř může způsobit zaseknutí mlecích koulí. Tak nastane stav, kdy se spodní otočný talíř dále točí, ale mlecí koule nikoliv.

Vzniklá nebezpečná situace se sice na vstupu projeví mírným růstem tlaku a mírně stoupne i teplota za třídičem, ale ne dostatečně pro rozpoznání vzniklého problému, protože sušící vzduch je ochlazován přiváděným palivem. Na krátkou dobu

se zvýší příkon mlýna, ale po proklouznutí spodního otočného talíře se následně sníží. Tento jev je tak rychlý, že operátor nastalý děj lehce přehlédne.

9.2 Návrh nového zabezpečení mlýna

Z těchto výše uvedených důvodů navrhuji provést instalaci měření difference tlaku. K tomu je možné využít stávající rozvod vzduchu, který je již u mlýna proveden. Tlak bude snímán jak na vstupu, tak na výstupu mlýna. Zjištěná difference tlaku bude napojena na ŘS (kapitola 3) a hodnota zobrazena na operátorském pracovišti. Tímto bude možné včas rozpoznat nebezpečný stav.

Případné nastalé potíže ve mlýně jsou nyní ve většině případu rozpoznány až téměř v okamžiku, kdy je mlýn skoro celý zahlcen palivem. Vzniklá situace se dá řešit tak, že se zastaví přísun dalšího paliva a mlýn se nechá běžet naprázdno. Tím se postupně mlýn vyprázdní a je schopen dalšího provozu.

Pokud by po přerušení dodávky paliva naměřená difference tlaku neklesala, je pravděpodobné, že došlo k vážnějšímu problému a mlýn může být včas odstaven, aniž by došlo ke škodám, a zároveň může operátor spustit záložní mlecí okruh.

10 Popis metodiky měření a stávající jemnosti mletí

10.1 Příprava uhelného prášku ^[5]

Základní příprava uhelného prášku pro spalování je jeho mletí, sušení, doprava, skladování a odměřování.

Mletí uhlí umožňuje zvětšení jeho reakčního povrchu, řádově cca 10^2 krát vůči stavu před mletím. Spalování tuhých paliv probíhá na styčné ploše paliva společně se spalovacím vzduchem. Měrný povrch má značný vliv na rychlost, intenzitu spalování a rozhoduje tedy o době i stupni vyhoření uhelných částic. Tyto ukazatele mají vliv např. na druh a konstrukci ohniště a na ztrátu mechanickým nedopalem. V tepelných elektrárnách, kde se spalují tuhá paliva, představují náklady na mletí cca 10 až 40% celkové vlastní spotřeby elektrárny. Z tohoto důvodu vyplývá důležitost co nejekonomičtějšího způsobu mletí. Podíl na mletí uhlí bude tím větší, čím bude palivo méně kvalitní a zejména čím bude nižší výhřevnost.

Sušení uhlí je jediný známý prostředek, který umožňuje zkvalitnit méněhodnotná mokrá paliva pro spalování. Zvyšuje se tak výhřevnost paliva tím, že se odstraní voda z paliva přivedením tepla. U některých zvlášť mokrých druhů uhlí dokonce jedině sušení umožní jejich spalování. Vysušení paliva má příznivý vliv i na

melitelnost, což snižuje náklady na mletí a dále se vysušením zlepšují poměry při transportu, skladování a podávání uhelného prášku.

Stávající kroužkový mlýn MKM – 33 není moc vhodný pro mletí příliš mokrého paliva a to z důvodu, že sušení paliva probíhá přímo uvnitř mlýna, jelikož mlýn nemá sušku. Množství sušícího vzduchu, kterého je zapotřebí k vysušení semletého paliva je vypracováno v kapitole 11 (Tepelná bilance mlýna).

10.2 Měření stávající jemnosti mletí ^[3]

Základní podmínkou je odběr reprezentativního vzorku uhelného prášku. U mlýnských okruhů s přímým foukáním uhelného prášku se vždy jedná o izokinetické odběry uhelného prášku z proudící vzdušiny. Měření se provádí gravimetrickou aparaturou speciálně upravenou pro měření koncentrace uhelného prášku. Princip měřící metody je založen na izokinetickém odsátí vzorku vzdušiny z práškovodu. Na začátku měření je podrobně proměřen průběh dynamických tlaků v práškovodu Prandtlovou trubicí napojenou na vhodný mikromanometr. Podle naměřených hodnot dynamických tlaků se provede přepoččet pro nastavení odsávací rychlosti v ústí odběrové sondy v jednotlivých bodech odběru tuhého vzorku z práškovodu. Dynamické tlaky změřené pomocí Prandtlovy trubice zároveň slouží pro výpočet celkového množství vzdušiny protékajícího v místě měření. Teplota vzdušiny v místě měření se měří termočlánkem.

Pro stanovení koncentrace tuhých částic v práškovodu v místě měření se provádí odběr jednoúčelovou sondou, která je napojena krátkou pryžovou hadicí na zachycovač, kde se v jednoduchém cyklónu a následně na filtračním papíru ze skleněných mikrovláken zachytí veškeré tuhé částice z odsávaného vzorku vzdušiny.

Odsávaná vzdušina je zavedena do měřící clonkové trati. Požadovaný průtok na cloně je nastavován škrtícím orgánem na cloně. Diferenční a statický tlak na cloně je sledován pomocí tlakoměru. Teplota se měří vhodným teploměrem.

Po ukončení odběru v daném bodě měření se provede zvážení zachyceného vzorku s přesností $\pm 10^{-1}$ g.

Koncentrace uhelného prášku se stanoví jako podíl množství zachyceného uhelného prášku k objemu odsáté vzdušiny v daném bodě měření

$$C_{\text{v odsáté vzdušiny}} = \frac{m_{\text{uhelného prášku}}}{V_{\text{odsáté vzdušiny}}}$$

Objem odsáté vzdušiny v jednotlivých bodech měření a stanovuje se podle vztahu:

$$V_{odsáté\ vzdušniny} = k * \left(\frac{\Delta p_{na\ cloně}}{\rho_{na\ cloně}} \right) * 0,5 * \tau$$

kde

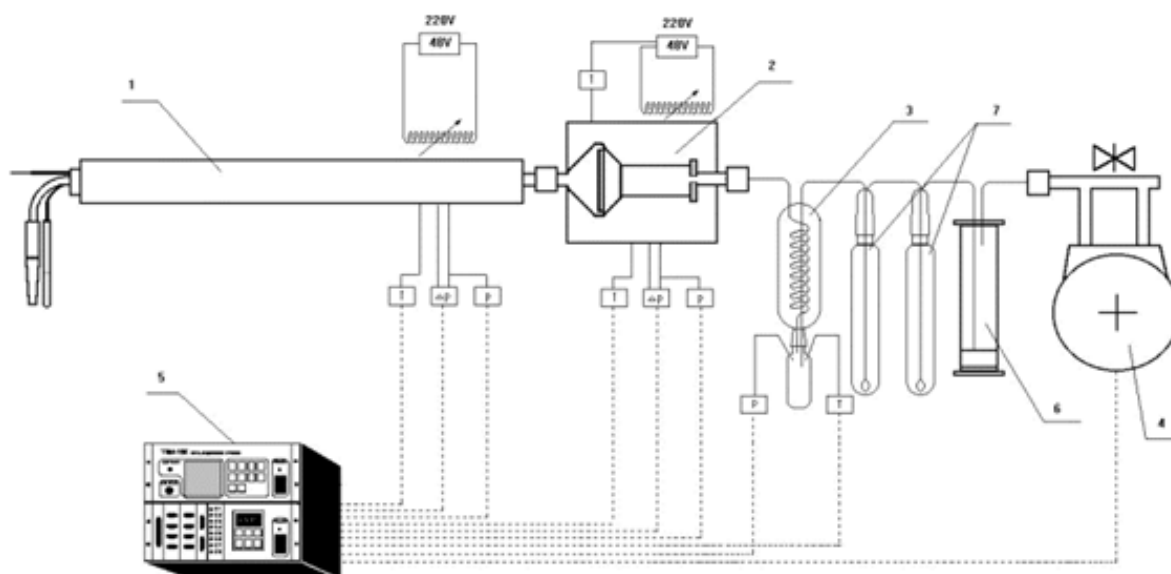
$\Delta p_{na\ cloně}$... je nastavováno podle dynamických tlaků měřených Prandtlovou trubicí

$\rho_{na\ cloně}$... je stanoveno jako hustota vzduchu při změřeném tlaku a teplotě

τ ... je doba izokinetického odsávání v jednom bodě měření

k ... je konstanta clony daná výrobcem včetně hlavních součinitelů .

Schéma aparatury pro izokinetický odběr uhlého prášku z práškovodu je na Obr. č. 10.2.1.



Obrázek č. 10.2.1^[6]

1 - vytápěná odběrová sonda s interním zachycovačem

2 - nátoková dýza s teploměrem

3 – průtočný skleněný chladič

4 – zdroj sání (suchá lamelová vývěva)

5 – řídicí systém

6 – sušící věž

7 – dvoustupňový pěnový absorbér s náplní

Vysušený vzorek uhlého prášku se kontroluje síťovou analýzou rozsevou křivkou, popřípadě křivkou četnosti. Matematické vyjádření těchto křivek umožňuje, že

ke kontrole jemnosti mletí postačí stanovení dvou hodnot, poměrného zbytku na sítě, protože těmito dvěma údaji je zastoupení jednotlivých zrnových frakcí již určeno. Složení surového uhlí se vyjadřuje zrnovými charakteristikami:

- a) Frakční charakteristikou – udává se procentuální hmotnostní podíly zrn o velikosti mezi dvěma hodnotami velikosti zrn v celém rozsahu zrnění.
- b) Zbytkovou charakteristikou (rozsevou křivkou) – vyjadřují závislost hmotnostního podílu zrn větších než je určitý rozměr.

Obě zrnové charakteristiky se určují experimentálně síťovou analýzou, a to prosíváním vzorku sadou přesných kontrolních sít s určenou délkou světlého oka. Nejrozšířenější empirický vzorec, který vyjadřuje průběh zbytkové charakteristiky je Rosinův – Rammlerův:

$$R_x = e^{-bx^n} = e^{-\left(\frac{x}{x_0}\right)^n} \left[\frac{kg}{kg}, \% \right] \quad (10.2.1.)$$

Kde R_x ...zbytek na sítě o velikosti oka x

n ... koeficient polydisperzity, vystihuje vnitřní skladbu velikosti zrn, čím je větší,

tím je zrnění rovnoměrnější a více se blíží monodisperzní skladbě

b ...vyjadřuje jemnost mletí,

x_0 ...je porovnávací střední hodnota zrna

jeho velikost plyne z podmínky, že zbytek na sítě x_0 je:

$$R_{x_0} = \frac{1}{e} \sim 0,368 \frac{kg}{kg}, \text{ resp. } 36,8 \% \quad (10.2.2.)$$

Exponent stejnorodosti uhelného prášku ve vztahu (5.1) má hodnotu od 0,8 až 1,2. O volbě optimální jemnosti mletí uhelného prášku rozhodují dva protichůdné požadavky. S rostoucí jemností mletí uhelného prášku se zvyšuje účinnost kotle a tím účinnost spalování, jelikož nám klesá ztráta mechanickým nedopalem. Protichůdně nám s tímto při rostoucí jemnosti mletí prášku roste spotřeba měrné mlecí energie, více se nám opotřebovává mlecí zařízení a zvyšují se náklady na údržbu.

Semletý uhelný prášek pro laboratorní měření se odebírá za mlýnským okruhem nebo před spalovací komorou za ustálených podmínek provozu. Vzorky

tohoto prášku jsou poté dále odevzdány do akreditované laboratoře, která předmětné vzorky analyzuje síťovou metodou se sítí pro obvyklé hodnoty 90 µm a 200 µm.

V případě, že tato metoda je nedostatečná, je možné vzorky analyzovat na laserovém granulometru, kdy tato metoda je výrazně přesnější než výše uvedená manuální metoda.

11 Tepelná bilance mlýna MKM – 33 ^[3]

Tepelná bilance vychází z hodnot dosahovaných při provozu mlýnu, je potřeba zpracovat početně toky jednotlivých veličin na vstupu a výstupu z mlýna.

11.1 Vstupní veličiny

Sušící médium:

Druh Vzduch

Teplota 240 °C

$C_{vzd(240\text{ °C})} = 1,0292 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ (měrná tepelná kapacita vzduchu)

Těsnící médium:

Druh Vzduch

Teplota 20 °C

$C_{vzd(20\text{ °C})} = 1,004 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ (měrná tepelná kapacita vzduchu)

Palivo:

Druh černé uhlí

Teplota 15 °C

Výhřevnost paliva $Q_i^r = 23 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$

Obsah popelovin $A^d = 15\%$

Obsah vody $W^r = 8\%$

Podíl prchavé hořlaviny $V^{daf} = 35\%$

11.2 Výstupní veličiny

Druh Směs uhelného prášku se vzduchem

Teplota 105 °C

$C_{vzd(105\text{ °C})}$ 1,013 $\frac{\text{KJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ (měrná tepelná kapacita vzduchu)

11.3 Rovnice tepelné bilance

$$q_{s0} + q_{u0} + q_{t0} + q_m - q_w - q_{s1} - q_{u1} - q_z = 0 \quad (11.3.1)$$

Kde:

q_{s0} = citelné teplo sušícího média na vstupu $\left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}\right]$

q_{u0} = citelné teplo uhlí na vstupu $\left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}\right]$

q_{t0} = citelné teplo těsnícího média na vstupu $\left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}\right]$

q_m = teplo vzniklé třením – nevyužitím měrné mlecí práce mlýna $\left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}\right]$

q_w = teplo potřebné na vysušení vody $\left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}\right]$

q_{s1} = citelné teplo nosného média na výstupu $\left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}\right]$

q_{u1} = citelné teplo uhelného prášku na výstupu $\left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}\right]$

q_z = tepelná ztráta mlýna $\left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}\right]$

Vyřešením jednotlivých členů rovnice tepelné bilance, získáme potřebné množství sušícího média pro vysušení jednoho kilogramu uhlí.

11.3.1 Citelné teplo sušícího média na vstupu

$$q_{s0} = y_s * c_{s0} * t_{s0} \quad \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}}\right] \quad (11.3.1.1)$$

Kde:

q_{s0} = citelné teplo sušícího média na vstupu

$y_s = \text{množství sušícího vzduchu na vstupu, na jeden kilogram} \left[\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right]$

$c_{s0} = \text{měrná tepelná kapacita sušícího média – při teplotě } 240^\circ\text{C} \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$

$t_{s0} = \text{teplota sušícího média } [^\circ\text{C}]$

11.3.2 Citelné teplo uhlí na vstupu

$$q_{u0} = 1 * c_{u0} * t_{u0} \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right] \quad (11.3.2.1)$$

Kde:

$q_{u0} = \text{citelné teplo uhlí na vstupu}$

$c_{u0} = \text{měrná tepelná kapacita uhlí na vstupu} \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$

$t_{u0} = \text{teplota uhlí na vstupu } [^\circ\text{C}]$

Měrnou tepelnou kapacitu uhlí c_{u0} vypočítáme ze známého složení uhlí podle směšovacího pravidla:

$$c_u = c_h * \frac{h}{100} + c_A * \frac{A}{100} + c_w * \frac{W}{100} \quad (11.3.2.2)$$

Měrná tepelná kapacita hořlaviny c_h

$$c_h = 0,84 * 3,8 * 10^{-3} * \left(0,13 + \frac{V^{daf}}{100} \right) * (130 + t_h) \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right] \quad (11.3.2.3)$$

Kde:

$V^{daf} = \text{podíl prchavých složek v cwlkovém obsahu hořlaviny } [\%]$

$t_h = \text{aktuální teplota hořlaviny (uhlí) } [^\circ\text{C}]$

$$c_{h(15^\circ\text{C})} = 0,84 * 3,8 * 10^{-3} * \left(0,13 + \frac{35}{100} \right) * (130 + 15)$$

$$c_{h(15^\circ\text{C})} = 1,1045 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$$

$$c_{h(105^\circ\text{C})} = 0,84 * 3,8 * 10^{-3} * \left(0,13 + \frac{35}{100} \right) * (130 + 105) =$$

$$c_{h(105^{\circ}\text{C})} = 1,2686 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$$

Měrná tepelná kapacita popeloviny c_A

$$c_{A(^{\circ}\text{C})} = 0,5 * \left(1,42 + \frac{t_A}{1000} \right) \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right] \quad (11.3.2.4)$$

Kde:

$t_A = \text{aktuální teplota popeloviny (uhlí)} \text{ } [^{\circ}\text{C}]$

$$c_{A(15^{\circ}\text{C})} = 0,5 * \left(1,42 + \frac{15}{1000} \right) = 0,7175 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$$

$$c_{A(105^{\circ}\text{C})} = 0,5 * \left(1,42 + \frac{105}{1000} \right) = 0,7625 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$$

Přepočet složení uhlí po vysušení

Zmenšením podílu vody v uhlí musí narůst podíl popeloviny a hořlaviny ve vysušeném uhlí. Požadovaný obsah vody v uhlí je 1,5 %.

$$A_1 = A_0 * \frac{1 - W_1}{1 - W_0} \text{ } [\%] \quad (11.3.2.5)$$

Kde:

$A_1 = \text{obsah popelovin po vysušení}$

$A_0 = \text{obsah popelovin před vysušením} \text{ } [\%]$

$W_1 = \text{požadovaný obsah vody} \text{ } [\%]$

$W_0 = \text{původní obsah vody} \text{ } [\%]$

$$A_1 = 15 * \frac{1 - 0,015}{1 - 0,08} = 16,06 \text{ } [\%]$$

$$h_1 = 100 - A_1 - W_1 = 100 - 16,06 - 1,5 = 82,44 \text{ } \% \quad (11.3.2.6)$$

Kde h_1 ...je obsah hořlaviny v uhlí po vysušení $[\%]$

Vyřešením rovnic (11.3.2.3) – (11.3.2.6) a jejich dosazením do rovnice (11.3.2.2) dostávám příslušné měrné tepelné kapacity uhlí na vstupu a na výstupu.

$$c_{u(15^{\circ}\text{C})} = c_{h(15^{\circ}\text{C})} * \frac{h_0}{100} + c_{A(15^{\circ}\text{C})} * \frac{A_0}{100} + c_w * \frac{W_0}{100}$$

$$c_{u(105^{\circ}\text{C})} = c_{h(105^{\circ}\text{C})} * \frac{h_1}{100} + c_{A(105^{\circ}\text{C})} * \frac{A_1}{100} + c_w * \frac{W_1}{100}$$

Kde:

$$c_{u(15^{\circ}\text{C})} = \text{měrná tepelná kapacita uhlí na stupu} \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$$

$$h_0 = \text{původní obsah hořlaviny} [77\%]$$

$$c_{u(105^{\circ}\text{C})} = \text{měrná tepelná kapacita uhlí na výstupu} \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$$

$$c_w = \text{měrná tepelná kapacita vody}, c_w = 4,19 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$$

$$c_{u(15^{\circ}\text{C})} = 1,1045 * \frac{77}{100} + 0,7175 * \frac{15}{100} + 4,19 * \frac{8}{100} = 1,2933 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$$

$$c_{u(105^{\circ}\text{C})} = 1,2686 * \frac{82,44}{100} + 0,7625 * \frac{16,06}{100} + 4,19 * \frac{1,5}{100} = 1,2311 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$$

11.3.3 Citelné teplo těsnícího vzduchu

$$q_{t0} = y_t * c_{t0} * t_{t0} \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right] \quad (11.3.3.1)$$

Kde:

$$q_{t0} = \text{citelné teplo těsnícího vzduchu na vstupu}$$

$$y_t = \text{množství těsnícího vzduchu na vstupu, na jeden kilogram} \left[\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right],$$

$$V \text{ našem případě } y_t = 2 \sim 3 \% \text{ z } y_s$$

$$c_{t0} = \text{měrná tepelná kapacita těsnícího vzduchu na vstupu};$$

$$\text{Při teplotě } t_{t0} = 20^{\circ}\text{C je } c_{t0(20^{\circ}\text{C})} = 1,004 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$$

t_{t0} = teplota těsnícího vzduchu, $t_{t0} = 20\text{ °C}$

Rovnici (7.3.3.1) upravíme na rovnici:

$$q_{t0} = 0,02 * y_s * c_{t0} * t_{t0} \quad \left[\frac{KJ}{kg} \right] \quad (11.3.3.2)$$

11.3.4 Teplo vzniklé třením

$$q_m = (2,16 + 2,9) * \varepsilon_m \quad \left[\frac{KJ}{kg} \right] \quad (11.3.4.1)$$

Kde:

q_m = teplo vzniklé třením

ε_m = měrná mlecí práce mlýna [$kWhr$] $\varepsilon_m = 15,3\text{ kWhr}$

Přepočtový koeficient je v tomto případě 2,3

11.3.5 Teplo potřebné na vysušení vody

$$q_w = \frac{W_0 - W_1}{1 - W_1} * [c_w * (t_{s1} - t_{uv1}) + I_w] \quad \left[\frac{KJ}{kg} \right] \quad (11.3.5.1)$$

Kde:

q_w = teplo potřebné na vysušení vody

t_{s1} = teplota výstupní směsi, $t_{s1} = 105\text{ °C}$

t_{u1} = teplota uhlí na vstupu, $t_{u1} = 15\text{ °C}$

I_w = výparné teplo vody, $I_w = 2257 \quad \left[\frac{KJ}{kg} \right]$

11.3.6 Citelné teplo nosného média na výstupu

$$q_{s1} = (y_s + y_t) * c_{s1} * t_{s1} \quad \left[\frac{KJ}{kg} \right] \quad (11.3.6.1)$$

Kde:

q_{s1} = citelné teplo nosného média na výstupu

y_t = množství těsnícího vzduchu na vstupu, na jeden kilogram $\left[\frac{kg}{kg} \right]$

V našem případě $y_t = 2 \div 3 \% z y_s$

c_{s1} = měrná tepelná kapacita nosného média na výstupu;

(při teplotě $t_{s1} = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$ je $c_{s1} = 1,011 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$

t_{s1} = teplota nosného média, $t_{s1} = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$

11.3.7 Citelné teplo uhlí na výstupu

$$q_{u1} = (1 - W_0) * \left(c_{u1} + \frac{W_1 * c_{w1}}{1 - W_1} \right) * t_{u1} \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right] \quad (11.3.7.1)$$

Kde:

q_{u1} = citelné teplo na výstupu

c_{u1} = měrná tepelná kapacita uhlí na výstupu, $c_{u1} = 1,2311 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} \right]$

t_{u1} = teplota uhlí na výstupu, $t_{u1} = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$

11.3.8 Tepelná ztráta mlýna

$$q_z = \xi_s * q_{s0} \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right] \quad (11.3.8.1)$$

Kde:

q_z = tepelná ztráta mlýna na jeden kilogram

ξ_s = koeficient ztráty mlýna, v našem případě je 0,05

q_{s0} = citelné teplo sušícího média na vstupu $\left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]$

Dosazením koeficientu do rovnice (7.3.8.1.), upravíme její tvar na:

$$q_z = 0,05 * q_{s0} \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right] \quad (11.3.8.2)$$

11.4 Výpočet množství sušícího vzduchu

Rovnice (11.3.1.1) - (11.3.8.2) dosadíme do základní rovnice tepelné bilance a dostáváme rovnici o neznámé y_s , kterou mohu řešit:

$$q_{s0} + q_{u0} + q_{t0} + q_m - q_w - q_{s1} - q_{u1} - q_z = 0$$

$$y_s * c_{s0} * t_{s0} + 1 * c_{u0} * t_{u0} + 0,02 * y_s * c_{t0} * t_{t0} + 2,3 * \varepsilon_m -$$

$$\frac{W_0 - W_1}{1 - W_1} * [c_w * (t_{s1} - t_{uv1}) + I_w] - 1,02 * y_s * c_{s1} * t_{s1} -$$

$$(1 - W_0) * \left(c_{u1} + \frac{W_1 * c_w}{1 - W_1} \right) * t_{u1} - 0,05 * y_s * c_{s0} * t_{s0} = 0$$

$$y_s * 1,0292 * 240 + 1 * 1,2933 * 15 + 0,02 * y_s * 1,004 * 20 + 2,3 * 15,3 -$$

$$\frac{0,08 - 0,015}{1 - 0,015} * [4,19 * (105 - 15) + 2257] - 1,02 * y_s * 1,011 * 105 -$$

$$(1 - 0,08) * \left(1,2311 + \frac{0,015 * 4,19}{1 - 0,015} \right) * 105 - 0,05 * y_s * 1,0292 * 240 = 0$$

Pro eliminaci vzniku případné chyby jsem výše uvedenou rovnici tepelné bilance řešil za pomoci programu EES.

V příloze č. 1 jsou napsány jednotlivé kroky a vloženy výsledky.

$$q_{s0} = 476 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_w = 173,8238 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{u0} = 19,3995 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{s1} = 208,7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{t0} = 0,7739 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{u1} = 125,0880 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_m = 35,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_z = 23,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$y_s = 1,9271 \frac{\text{kg}}{\text{kg}},$$

kdy pomocí rovnice $y_t = 0,02 * y_s$ určíme poslední proměnnou:

$$y_t = 0,02 * y_s = 0,0385 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}.$$

11.5 Přepočet na m³/kg a shrnutí

V kapitole (11.3) jsem určil hmotnostní průtok sušícího média, který je zapotřebí k vysušení uhlí z obsahu vody 8 % na požadovanou hodnotu vody 1,5 %. Jelikož se jedná o vzdušinu, je vhodné převést vypočtenou jednotku $\left[\frac{kg}{kg}\right]$ na jednotku $\left[\frac{m^3}{kg}\right]$. Pro tento účel je použita stavová rovnice 11.5.1 a uvažovaný tlak na vstupu je 108000 Pa.

$$p * V = m * r * T \quad (11.5.1)$$

Kde:

$p = \text{tlak sušícího média}, p = 108000 \text{ Pa}$

$V = \text{objemový průtok sušícího média} \left[\frac{m^3}{kg}\right]$

$r = \text{měrná plynová konstanta vzduchu}, r = 287 \frac{J}{kg * K}$

$T = \text{teplota sušícího vzduchu na vstupu}, T = 513,15 \text{ K}$

Stavovou rovnici upravíme pro výpočet objemového průtoku:

$$V = \frac{m * r * T}{p} = \frac{1,9271 * 287 * 513,15}{108000} =$$

$$V = 2,628 \frac{m^3}{kg}, \text{ při teplotě } 240 \text{ °C.}$$

Množství těsnícího vzduchu je velmi malé, pouze cca 2% z množství sušícího vzduchu.

12 Hmotnostní bilance mlýna MKM – 33

Hmotnostní bilance mlýna nám vypovídá o jednotlivých hmotnostních tocích, které probíhají ve mlýně. Při výpočtu hmotnostních toků budeme vycházet ze zatížení mlýna 33 t surového paliva za hodinu.

12.1 Rovnice hmotnostní bilance

$$m_{u0} + m_{s0} + m_{t0} = m_{s1} \quad (12.1.1)$$

Kde:

$$m_{u0} = \text{množství surového paliva na vstupu do mlýna} \quad \left[\frac{kg}{h} \right]$$

$$m_{s0} = \text{množství sušícího vzduchu na vstupu do mlýna} \quad \left[\frac{kg}{h} \right]$$

$$m_{t0} = \text{množství těsnícího vzduchu na vstupu do mlýna} \quad \left[\frac{kg}{h} \right]$$

$$m_{s1} = \text{hmotnostní tok na výstupu z mlýna (uhelný prášek a nosný vzduch)} \quad \left[\frac{kg}{h} \right]$$

12.1.1 Hmotnostní množství sušícího vzduchu

$$m_{s0} = m_{u0} * y_s \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (12.1.1.1)$$

$$m_{s0} = m_{u0} * y_s$$

$$m_{s0} = 33000 * 1,9271$$

$$m_{s0} = 63594,3 \quad \frac{kg}{h}$$

Do mlýna vstupuje 63594 kg/h sušícího vzduchu.

12.1.2 Hmotnostní množství těsnícího média

$$m_{t0} = m_{u0} * y_t \quad \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (12.1.2.1)$$

$$m_{t0} = 33000 * 0,0385$$

$$m_{t0} = 1270,5 \quad \frac{kg}{h}$$

Do mlýna vstupuje 1270,5 kg/h těsnícího vzduchu.

12.2 Vyřešení rovnice hmotnostní bilance

Dosazením do rovnice 12.1.1 v kapitole 12.1 dostaneme hmotnostní tok směsi na výstupu z mlýna.

$$m_{s1} = m_{u0} + m_{s0} + m_{t0}$$

$$m_{s1} = 33000 + 63594,3 + 1270,5$$

$$m_{s1} = 97864,8 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Na výstupu z mlýna se dostává 97864,8 kg/h směsi uhelného prášku a nosného vzduchu. Vypočtená hmotnostní bilance platí pro konstantní zatížení mlýna a to 33 t/h surového paliva a zároveň vstupní parametry paliva jsou neměnné. Další podmínky platnosti hmotnostní a tepelné bilance jsou, že teplota směsi na výstupu z mlýna je 105 °C a je konstantní, taktéž i hmotnostní tok sušícího vzduchu.

13 Změna vstupního paliva [2]

V reálném provozu množství paliva na vstupu do mlýna kolísá v závislosti na požadavcích provozu a vlhkosti dodaného uhlí. Jestliže budeme považovat množství sušícího vzduchu na vstupu do mlýna za konstantní, potom vlivem jiné vlhkosti paliva bude kolísat teplota směsi na výstupu. Tato teplota na výstupu by neměla překročit hranici danou provozními předpisy, jinak by mohlo dojít k samovznícení uhelného prášku.

Řízení výkonu ML se děje regulací otáček PSU. Regulace množství primárního vzduchu do mlýna se děje nakláněním regulačních lopatek v sání MV. Regulace teploty směsi za třídičem se provádí otevíráním a přivíráním klapky teplého a studeného vzduchu.

Teplota směsi za třídičem se reguluje v max. rozmezí 75 ÷ 110 °C. Žádaná hodnota regulace je 105 °C. Max. přípustná teplota za provozu je 120 °C. Nad touto teplotou (maximálně do 140 °C) se může mlýn provozovat jen po omezenou dobu, tj. nejdéle 10 minut. Nelze-li teplotu snížit ani po deseti minutách pod 120°C, je nutno mlýn ihned odstavit a otevřít hašení mlýnu parou.

Pro zdokumentování závislosti teploty za třídičem na vstupní vlhkosti uhlí jsem použil počítačový program EES (kapitola 11.4). V tabulce č. 13.1 jsou zobrazeny vstupní hodnoty paliva, vypočtené hodnoty z kapitoly č. 11 a následujících jsou zobrazeny v tabulce č. 13.2

Název veličiny	Označení	Hodnota	Jednotka
Výhřevnost paliva	Q_i	23,5	MJ/kg
Obsah popelovin	A	15	%
Obsah vody	W_0	8	%
Požadovaný obsah vody na výstupu	W_1	1,5	%
Teplota sušícího média (vzduch)	t_{s0}	240	°C
Teplota těsnícího vzduchu	t_{t0}	20	°C
Teplota uhlí na vstupu	t_{u0}	15	°C
Obsah prchavé hořlaviny	V^{daf}	35	%
Množství vstupujícího paliva	m_{u0}	33	t/h

Tabulka č. 13.1 – Vstupní hodnoty

Název veličiny	Označení	Hodnota	Jednotka
Citelné teplo sušícího média na vstupu	q_{s0}	476	KJ/kg
Citelné teplo uhlí na vstupu	q_{u0}	19,3995	KJ/kg
Měrná tepelná kapacita hořlaviny – při 15°C	c_h	1,1045	KJ/kg*K
– při 105 °C	c_h	1,2686	KJ/kg*K
Měrná tepelná kapacita popeloviny – při 15°C	c_a	0,7175	KJ/kg*K
– při 105°C	c_a	0,7625	KJ/kg*K
Obsah popeloviny na vstupu	A_0	16,06	%
Obsah popeloviny na výstupu	A_1	82,44	%
Měrná tepelná kapacita uhlí - při 15°C	c_{u0}	1,2933	KJ/kg*K
- při 105°C	c_{u0}	1,2311	KJ/kg*K
Citelné teplo těsnícího vzduchu	q_{t0}	0,7739	KJ/kg
Teplo vzniklé třením	q_m	35,19	KJ/kg
Teplo potřebné na vysušení vody	q_w	173,8238	KJ/kg
Citelné teplo nosného média na výstupu	q_{s1}	208,7	KJ/kg
Citelné teplo uhlí na výstupu	q_{u1}	125,088	KJ/kg
Tepelná ztráta mlýna	q_z	23,8	KJ/kg
Množství sušícího vzduchu	y_s	1,9271	KJ/kg
Množství těsnícího vzduchu	y_t	0,0385	kg/kg
Teplota na výstupu za třídičem	T	105	°C

Tabulka č. 13.2 – Vypočítané hodnoty

13.1 Změna vlhkosti vstupujícího paliva

Změnou vlhkosti paliva se rozumí zmenšení nebo zvětšení obsahu vody v palivu. Snížení obsahu vody v palivu nám způsobí odebrání části tepla ze sušícího média, které se rovná výparnému teplu vody. Z tohoto tedy vyplývá, že se snižujícím se obsahem vody v palivu nám teplota za třídičem bude stoupat a v případě zvyšujícího se obsahu vody v palivu nám bude teplota za třídičem klesat. Konstantní veličinou je množství sušícího média, které proudí mlýnem.

Podle kapitoly 13. by teplota směsi za třídičem měla být v rozmezí teplot od 75 ÷ 110 °C, přičemž omezující a požadovaná teplota je 105 °C. V tabulce 13.1.1 je uvedená vypočtená hodnota teploty za třídičem při jednotlivé změně vlhkosti v palivu.

Veličina	Hodnota					
Vlhkost (%)	3	4	5	6	7	8
Teplota °C	143,4	135,4	127,6	120	112,4	105
Vlhkost (%)	9	10	11	12	13	14
Teplota °C	97,7	90,5	83,5	76,6	69,7	63

Tabulka č. 13.1.1 – Vypočtené hodnoty teplot na výstupu

Jak je patrné z hodnot uvedených v tabulce č. 13.1.1, teplota s vlhkostí v palivu značně kolísá. Při 6 % vlhkosti v palivu vzroste teplota za třídičem na maximální přípustnou teplotu provozu. V případě použití paliva, které bude mít nižší vlhkost než 6 % je zapotřebí vyregulovat množství sušícího média společně se studeným vzduchem. Naopak pokud bude použito palivo s vyšším obsahem vody než 12 – 13 %, teplota za třídičem klesne pod minimální přípustnou mez, pak je zapotřebí opět vyregulovat množství sušícího a studeného vzduchu.

14 Technické a ekonomické zhodnocení úprav

Všechny výše uvedené návrhy úprav pro mlýn MKM – 33 vedou k co možná nejdelšímu bezporuchovému provozu a současně ke zvýšení bezpečnosti. Generální oprava mlýna se provádí každých 8000 provozních hodin. V této GO je provedena výměna všech opotřebovaných částí mlýna. Dále je po určitých cyklech naplánovaná běžná oprava, v této se provádí výměna vodítek, kontrola mlýna, kontrola převodovky (výměna filtrů a oleje), seřízení pružinových souborů.

Navržení nové návratové klapky pod třídičem povede k oddálení cyklu údržby, ke zvýšení provozních hodin. Na správné funkci návratové klapky pod třídičem, která odděluje prostor třídiče s nižším tlakem a prostor mlecí s vyšším tlakem, závisí výsledná jemnost mletí a tímto také účinnost kotle, ztráta mechanickým nedopalem a prodloužení její životnosti. Tato nová opatření nám přináší ekonomické úspory.

Během provozu dochází k opotřebování přítlačného mechanismu, toto vede ke zvětšování vůlí (zvětšuje se hloubka žlabu pro mlecí koule). Mlýn mele palivo hrubě. Z tohoto důvodu se jedenkrát týdně provádí odběr primární směsi a odesílá se na granulometrii (kapitola 10.2.). Pokud vzorek nevyhovuje, je zapotřebí seřídit přítlačný mechanismus tzn., že dochází ke snížení přítlačné síly a je nutné zvýšit předpětí pružin seřízením pružinových souborů pro docílení žádané jemnosti mletí. K tomuto je zapotřebí odstavit celý mlýnský okruh.

Natáčením směrových lopatek lze docílit požadované jemnosti mletí bez nutnosti seřízení přítlačného mechanismu. Toto řešení v sobě nese úskalí ve smyslu zvýšení mlecí práce mlýnu, resp. ampérického zatížení pohonu mlýnu. Operátor sleduje výši tohoto odběru pohonu mlýnu, která je po seřízení pružinových souborů kolem 24 A. Tato hodnota se zvedá, pokud je mlýn neseřízen.

Vlivem natočení směrových lopatek dochází k tomu, že se zpět vrací větší množství nedostatečně semletého paliva a zároveň je přiváděno nové palivo. Toto vede k nárůstu mlecí práce a tudíž ke zvýšení ampérického zatížení pohonu. Dle

stávajících zkušeností je kritická hodnota odběru 32 A, která svědčí o zamletí mlýna. V tomto případě je nutné odstavit přísun paliva do mlecího okruhu a zkusit mlýn vymlít. V opačném případě je nutno odstavit mlýn, palivo z mlýna vybrat a mlýn opravit, což vede k ekonomickým ztrátám. Tomuto se můžeme vyhnout instalací měření tlaku před a za mlýnem. Zjištěná výše difference tlaku nám může dopředu napovědět o vzniklém problému, než nastane samotné zamletí. Tímto zjištěním dostáváme možnost se vyhnout zamletí mlýna, odstavení mlecí linky a ušetření ekonomických prostředků.

Každé seřízení mlýnu s sebou nese i ekonomické náklady. Blok má 4 mlecí okruhy. Ve většině případů je jeden mlecí okruh odstaven z důvodu GO anebo jiné opravy, ať už plánované nebo mimořádné. Pro provoz bloku je potřeba 3 mlecích okruhů, když nastane nutnost seřízení dalšího mlecího okruhu, tak by toto vedlo zároveň k odstavení celého bloku a k velkým ekonomickým ztrátám. Natočení směrových lopatek bude v tomto okamžiku významné, protože bude možné zachovat chod celého bloku, navíc s požadovanou jemností mletí a tímto při zachování účinnosti spalování kotle.

14.1 Ekonomické zhodnocení ^[4]

V současné době tržního hospodářství je výpočet ekonomické efektivnosti složitější a je nutno zkoumanou investici nebo modernizaci zařízení hodnotit z různých pohledů. Kriteria, která se dají použít pro ekonomické posouzení investice je mnoho. Záleží jen na investorovi, které kritéria patří mezi ty důležitější a které mezi méně důležité. Příklad velmi používaného: Kritérium diskontovaného Cash – Flow:

$$DCF = \sum_{t=0}^{T_z} (V - N_{pr} - N_{it}) * (1 + d)^{-t} \quad (14.1.1)$$

Kde: V ... roční výnosy $\left[\frac{Kč}{r} \right]$

N_{pr} ... roční provozní náklady $\left[\frac{Kč}{r} \right]$

d ... diskontní sazba $[-]$

N_{it} ... investiční náklady vynaložené v roce $\left[\frac{Kč}{r} \right]$

T_z ... doba životnosti zařízení

15 Závěr

Tato práce se zabývá návrhem úprav pro mlýn MKM – 33. Teoretická část obsahuje seznámení se s elektrárnou EDĚ, popisem stávajícího zařízení a popisem jednotlivých částí mlýnského zařízení.

Hlavní část diplomové práce se zabývá návrhy nové návratové klapky pod třídičem, instalace zařízení pro měření difference tlaku na mlýně a úpravou natáčení směrové lopatky třídiče mlýna. Ve výpočtové části je vypracovaná tepelná a hmotová bilance kroužkového mlýna MKM – 33 pro výkon 33 t/h paliva. U navrhovaných úprav jsou zřejmé výhody použití. Tato opatření vedou ke zlepšení funkčnosti a úspory ve spotřebě paliva – uhlí. Navrhované úpravy nebudou extrémně finančně náročné.

Přínosem návrhu nové návratové klapky pod třídičem je zlepšení spolehlivosti její funkce, zvýšení životnosti, zlepšení jemnosti mletí a zvýšení účinností kotle. Návrh pro instalaci měření difference tlaku na mlýnu přináší zlepšení v oblasti zvýšení bezpečnosti, včasného zjištění problému, předcházení kritických či havarijních stavů. U návrhu úpravy směrové lopatky třídiče je přínosem možnost natočení směrových lopatek podle aktuálních potřeb provozu, tedy dá se upravovat jemnost mletí za provozu mlýna, aniž by došlo k jeho odstavení.

Použitím všech výše uvedených návrhů úprav získáme prodloužení životnosti součástí, spolehlivosti a bezpečnosti, tak i ekonomické úspory. V období finančních nedostatků lze provedení jednotlivých úprav doporučit.

16 Seznam použité literatury:

[1] Internetové stránky: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/uhelne-elektrarny/cr/detmarovice.html>

[2] Elektrárna Dětmárovice, *Místní provozní předpis*,

[3] Černý V. a kolektiv, *Parní kotle a spalovací zařízení*, SNTL – Nakladatelství technické literatury Praha r. 1975, 526 str.

[4] Výtah z učebního textu Kysela L., Tomčala J.: *Ekonomika v energetice*, Ediční středisko, VŠB – TU Ostrava 2000, uspořádal a doplnil Doc. Ing. Ladislav Kysela, CSc.

[5] Černý V., *Mletí a sušení uhlí – (Příprava pro prášková ohniště)*, ČVUT Praha, strojní fakulta, r. 1978, 278 str.

[6] Internetové stránky: http://www.cdv.cz/text/szp/13908/zprava_2005_13908

17 Seznam příloh

A) Postup výpočtu v programu EES, výsledky

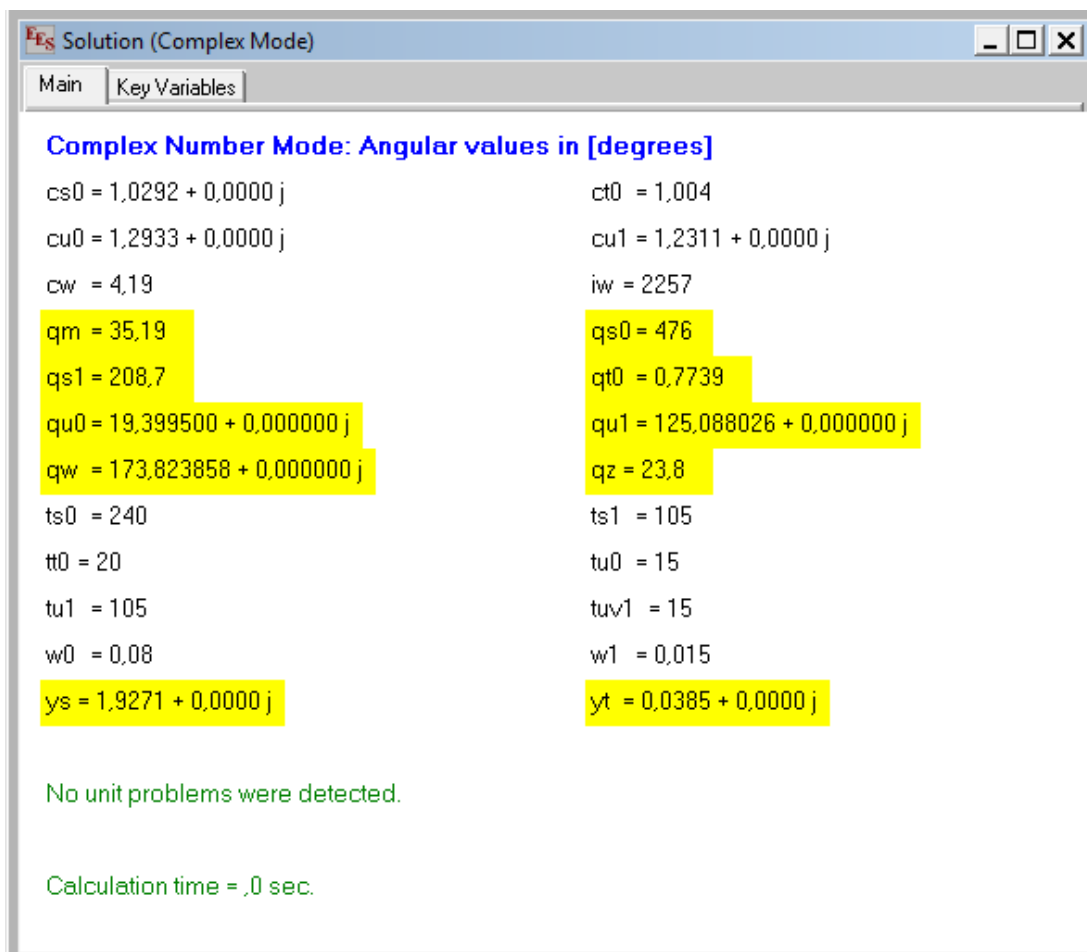
B) Výkresy č. 1-60-RL, 2-60-RL, 5-60-RL až 10-60-RL

Příloha A)

```

cu0=1,2933
tu0=15
qu0=cu0*tu0
qm=2,3*15,3
w0=0,08
w1=0,015
cw=4,19
ts1=105
tuv1=15
iw=2257
qw=(w0-w1)/(1-w1)*(cw*(ts1-tuv1)+iw)
cu1=1,2311
tu1=105
qu1=(cu1+(w1*cw)/(1-w1))*105*(1-w0)
cs0=1,0292
ts0=240
ct0=1,004
tt0=20
ys*cs0*ts0+qu0+0,02*ys*ct0*tt0+qm-qw-1,02*ys*1,011*ts1-qu1-0,05*ys*cs0*ts0=0
yt=0,02*ys
qs0=ys*cs0*ts0
qt0=0,02*ys*ct0*tt0
qs1=1,02*ys*1,011*105
qz=0,05*ys*cs0*ts0

```



Complex Number Mode: Angular values in [degrees]

cs0 = 1,0292 + 0,0000 j	ct0 = 1,004
cu0 = 1,2933 + 0,0000 j	cu1 = 1,2311 + 0,0000 j
cw = 4,19	iw = 2257
qm = 35,19	qs0 = 476
qs1 = 208,7	qt0 = 0,7739
qu0 = 19,399500 + 0,000000 j	qu1 = 125,088026 + 0,000000 j
qw = 173,823858 + 0,000000 j	qz = 23,8
ts0 = 240	ts1 = 105
tt0 = 20	tu0 = 15
tu1 = 105	tuv1 = 15
w0 = 0,08	w1 = 0,015
ys = 1,9271 + 0,0000 j	yt = 0,0385 + 0,0000 j

No unit problems were detected.

Calculation time = ,0 sec.